



## 저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학박사학위논문

통합적 모형 기반 수업에 따른  
예비 초등 교사들의 정신 모형 변화에  
관한 사례연구

**A Case Study for Mental Model Change  
of Elementary Pre-service Teachers  
Through Integrated Model Based Instruction**

2014년 2월

서울대학교 대학원  
과학교육과 지구과학전공  
오 현 석

통합적 모형 기반 수업에 따른 예비 초등  
교사들의 정신 모형 변화에 관한 사례 연구  
**A Case Study for Mental Model Change of  
Elementary Pre-service Teachers Through  
Integrated Model Based Instruction**

지도교수 김 찬 중

이 논문을 교육학박사학위논문으로 제출함

**2013년 10월**

서울대학교 대학원

과학교육과 지구과학전공

오현석

오현석의 박사학위논문을 인준함

**2013년 12월**

|         |              |     |
|---------|--------------|-----|
| 위 원 장   | <u>최 승 언</u> | (인) |
| 부 위 원 장 | <u>김 찬 중</u> | (인) |
| 위 원     | <u>유 준 희</u> | (인) |
| 위 원     | <u>이 기 영</u> | (인) |
| 위 원     | <u>박 영 신</u> | (인) |

## 국 문 초 록

초등 예비교사들은 현장에 나가 지구과학을 가르칠 때, 달의 위상 변화를 가르치는 것에 대하여 많은 두려움을 가지고 있다. 물론 기존 연구 결과와 같이, 교육대학교에서는 지구과학에 관한 교과 내용학 지식을 이수할 기회가 충분히 제공되지 못하고 있다. 하지만, 추가적으로 지구과학을 학습하고자 하는 낮은 동기의 정의적 영역과 예비교사들의 초기 모형 형성에 영향을 미친 환경적 원인도 살펴 보아야한다. 이처럼 인지적 측면뿐만 아니라 정의적, 환경적 측면까지 모두 고려한 정신 모형을 통합적 정신모형이라 한다. 한편, 수업 전 정신 모형을 초기 모형, 수업 후 형성하는 정신 모형을 형성 모형이라 한다. 초기 모형을 기반으로 하는 수업 전략을 모형 기반 수업이라 하고 이 수업을 통해 예비교사들이 도달하길 희망하는 정신 모형을 목표 모형이라 한다.

이에 본 연구는 예비교사들의 초기 모형을 통합적 관점에서 탐색하고자 한다. 초기 모형 분석 결과를 바탕으로 교육대학교의 교실 규모 환경에 최적화된 통합적 모형 기반 수업 전략을 구상한다. 통합적 모형 기반 수업을 수행한 후, 예비교사들의 형성 모형을 탐색하여 모형의 변화를 살펴보고자 한다. 따라서 통합적 모형 기반 수업 전략을 최적화하기 위해 지구과학을 어려워하는 여섯 명의 지원자들이 지니고 있는 통합적 정신 모형을 탐색하였다.

여섯 명의 예비교사들은 2학년 문과 출신 여학생이다. 연구 목적과 계획에 부합하는 다양한 자료의 확보를 위하여 2011년 3월부터 7월까지 설문지, 탐색지(모형, 지구그리기, DASTT-C), 산출물(과제, 기말고사), 강의 자료



그리고 심층 면담 등 다양한 자료를 수집하였다. 이들 자료는 전사 후 질적 분석을 실시하였다. 자료 해석과 분석은 전문가와 참여자 검증 그리고 자료 간의 검증을 통하여 확인하였다. 연구 질문에 따른 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 예비교사들의 초기 모형의 특징은 무엇인가? 환경적 측면에서는, 예비교사들은 교과서 위주의 전통적 수업, 잦은 전학과 비전공 교사에 의해 지구과학을 어렵고 보이지 않는 교과로 인식하고 있었다. 정의적 측면에서는, 낮은 흥미, 낮은 자아 효능감 그리고 실패 귀인들에 의해 초기 모형을 구성하는데 낮은 동기를 지니고 있음이 드러났다. 인지적 측면에서는 세 가지 형태의 오개념이 등장하였다. 부정확한 스케일과 달의 위상에서의 그림자 모형이나 광원 모형 그리고 달의 일주 운동에 관한 천동설적인 관념이다. 특히, 교과서에 등장하는 기능적 구체 모형의 영향으로 부정확한 스케일 모형과 그림자 모형을 지니게 됨이 밝혀졌다.

둘째, 최적화된 모형 기반 수업 전략을 어떻게 구성하는가? 통합적 모형은 초기 모형 분석을 통하여 모형 기반 수업 전략에 가이드를 제공한다. 환경적인 측면에서는 전통 수업과는 다른 시각화한 수업 자원들을 사용하고 과학 문화를 체험할 수 있도록 과제를 구성하였다. 정의적 측면에서는 사로 잡기 요소와 지속 요소를 이용하여 상황적 흥미를 유발하였다. 또한, 연구 참여자들의 지구과학에 대한 관심사들을 고려하였다. 인지적 측면에서는 초기 모형과의 불일치와 불만족을 인식할 수 있도록 불일치 질문이나 불일치 사건 등을 이용하였다. 그래서 정의적 측면과 환경적 측면을 고려하여 부당성 검증, 수정, 확증 그리고 추가 모드를 이용한 모형 기반 수업 전략을 구성할 수 있다.

셋째, 형성 모형은 어떻게 변화하였는가? 환경적 측면에서 오로라는 문화 영향을 주로 받았고 나머지는 수업의 영향을 주로 받았다. 정의적 측면에서는 오로라는 흥미가 주로 상승하였다. 이원리와 강초록 그리고 한차이는 이해 증대를 통해 자아 효능감이 주로 상승하였다. 한편, 신영화는 교수 영향에 의해 지구과학에 대한 인식의 변화가 생겼다. 이러한 변화들이 전반적으로 동기 상승을 이끌었다. 반면, 전수경은 수업 영향으로 자아 효능감은 상승하였으나 여전히 지구과학에 대한 인식이 변하지 않음이 나타났다. 그래서 인지적인 측면에서 모든 연구 참여자들이 목표 모형으로 모형 진화한 것을 확인할 수 있었다. 표상된 모형 속에 자신만의 독창적인 방법의 표상이 드러나고 있음을 확인하였다. 또한, 기능적 구체 모형 상에 지구의 자전축 표상에 있어서 예기치 못한 오류가 발생함을 발견하였다.

이상의 연구의 결과들로부터 다음과 같은 결론들에 도출 할 수 있다. 예비교사들의 모형의 변화를 일으키는데 환경적 요소로 모형 기반 수업이 주로 영향을 미쳤다. 정의적 변화로는 지구과학에 대한 인식의 긍정적 변화와 자아 효능감의 증가 그리고 흥미의 증가가 주를 이루고 있다. 또한, 모순 관계가 모형 진화에 인지적 요소로 결정적 역할을 수행하였다. 결국, 모든 연구 참여자들이 최종적으로 목표 모형에 도달하는 인지적 변화가 일어났고 초기 모형과 비교 분석하여 모형의 변화를 살펴볼 수 있었다. 본 연구는 통합적 정신 모형을 이용하여 교실 규모 학습에 적용할 수 있는 최적화된 모형 기반 수업 전략을 개발함으로써 통합적 정신 모형 연구의 필요성을 제시하고 있다. 또한 통합적 정신 모형 기반으로 교육대학교에서 예비교사를 위한 지구과학을 위한 표준 커리큘럼이나 수업을 제안할 수 있다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 나아가 지구과학 교과에 대한 인식의 중요성을 되짚어 주며 현장의 초중등 교육에서도 연구 결과를 반영하거나 고려해야 함을 시사한다.

.....

주요어 : 통합적 정신 모형, 통합적 모형 기반 수업 전략,  
지구과학, 초등 예비교사, 교육대학교, 질적 분석  
학 번 : 2007-30417

# 목 차

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 국문 초록 .....                      | i      |
| 목 차 .....                        | v      |
| 표 목차 .....                       | ix     |
| 그림 목차 .....                      | x      |
| <br>제 1 장 서 론 .....              | <br>1  |
| 제 1 절 연구의 필요성 및 목적 .....         | 1      |
| 제 2 절 연구 문제 .....                | 4      |
| <br>제 2 장 이론적 배경 .....           | <br>5  |
| 제 1 절 정신 모형 .....                | 5      |
| 1. 학생들의 선개념 연구 .....             | 5      |
| 2. 인지와 정신모형 .....                | 7      |
| 3. 통합적 정신모형 .....                | 11     |
| 제 2 절 모형과 학습 .....               | 16     |
| 1. 표현된 모형과 그리기 표상 .....          | 16     |
| 2. 모형 기반 학습 .....                | 20     |
| 3. 모형 기반 학습의 수업 전략 .....         | 21     |
| 4. 시각적 이미지와 멀티미디어 학습의 인지이론 ..... | 24     |
| <br>제 3 장 연구 방법 .....            | <br>27 |
| 제 1 절 질적 연구 방법 .....             | 27     |
| 제 2 절 연구 참여자 .....               | 28     |
| 제 3 절 자료 수집 .....                | 30     |
| 제 4 절 자료 분석 .....                | 34     |
| 1. 지구 그리기 활동 분석 .....            | 34     |
| 2. DASTT-C 분석 .....              | 37     |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 3. 달의 위상 변화 개념 모형 자료 분석 .....   | 38  |
| 제 4 장 초기 모형 .....               | 41  |
| 제 1 절 오로라의 사례 .....             | 41  |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....             | 41  |
| 2. 달 개념 모형 .....                | 51  |
| 제 2 절 이원리의 사례 .....             | 55  |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....             | 55  |
| 2. 달 개념 모형 .....                | 65  |
| 제 3 절 강초록의 사례 .....             | 70  |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....             | 70  |
| 2. 달 개념 모형 .....                | 81  |
| 제 4 절 한차이의 사례 .....             | 86  |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....             | 86  |
| 2. 달 개념 모형 .....                | 97  |
| 제 5 절 전수경의 사례 .....             | 102 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....             | 102 |
| 2. 달 개념 모형 .....                | 111 |
| 제 6 절 신영화의 사례 .....             | 116 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....             | 116 |
| 2. 달 개념 모형 .....                | 125 |
| 제 5 장 모형 기반 수업 전략의 수립과 실행 ..... | 129 |
| 제 1 절 초기 정신 모형에 대한 이해 .....     | 129 |
| 제 2 절 모형 기반 수업 전략의 구성 요소 .....  | 131 |
| 1. 인지적 측면 .....                 | 131 |
| 2. 정의적 측면 .....                 | 135 |
| 3. 환경적 측면 .....                 | 141 |
| 제 3 절 모형 기반 수업 전략의 실제 .....     | 153 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 1. 1차시: 달의 위상 .....              | 153 |
| 2. 2차시: 달의 위상 변화와 달의 일주 운동 ..... | 166 |
| 제 6 장 형성 모형 .....                | 175 |
| 제 1 절 오로라의 사례 .....              | 175 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....              | 175 |
| 2. 달 개념 모형 .....                 | 177 |
| 제 2 절 이원리의 사례 .....              | 181 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....              | 181 |
| 2. 달 개념 모형 .....                 | 183 |
| 제 3 절 강초록의 사례 .....              | 189 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....              | 189 |
| 2. 달 개념 모형 .....                 | 191 |
| 제 4 절 한차이의 사례 .....              | 196 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....              | 196 |
| 2. 달 개념 모형 .....                 | 199 |
| 제 5 절 전수경의 사례 .....              | 204 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....              | 204 |
| 2. 달 개념 모형 .....                 | 206 |
| 제 6 절 신영화의 사례 .....              | 212 |
| 1. 교과와 교수 이미지 .....              | 212 |
| 2. 달 개념 모형 .....                 | 214 |
| 제 7 장 통합적 정신 모형 변화에 대한 이해 .....  | 219 |
| 제 1 절 오로라의 사례 .....              | 219 |
| 1. 통합적 초기 정신 모형 분석 .....         | 219 |
| 2. 통합적 정신 모형의 변화 .....           | 222 |
| 제 2 절 이원리의 사례 .....              | 224 |
| 1. 통합적 초기 정신 모형 분석 .....         | 224 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 2. 통합적 정신 모형의 변화 .....        | 227 |
| 제 3 절 강초록의 사례 .....           | 229 |
| 1. 통합적 초기 정신 모형 분석 .....      | 229 |
| 2. 통합적 정신 모형의 변화 .....        | 232 |
| 제 4 절 한차이의 사례 .....           | 234 |
| 1. 통합적 초기 정신 모형 분석 .....      | 234 |
| 2. 통합적 정신 모형의 변화 .....        | 237 |
| 제 5 절 전수경의 사례 .....           | 239 |
| 1. 통합적 초기 정신 모형 분석 .....      | 239 |
| 2. 통합적 정신 모형의 변화 .....        | 242 |
| 제 6 절 신영화의 사례 .....           | 244 |
| 1. 통합적 초기 정신 모형 분석 .....      | 244 |
| 2. 통합적 정신 모형의 변화 .....        | 247 |
| 제 8 장 결론 및 제언 .....           | 249 |
| 제 1 절 요약 및 결론 .....           | 249 |
| 1. 요약 .....                   | 249 |
| 2. 결론 .....                   | 256 |
| 제 2 절 논 의 .....               | 258 |
| 1. 통합적 정신 모형의 필요성 .....       | 258 |
| 2. 지구과학 교과에 대한 인식의 변화 .....   | 259 |
| 3. 통합적 모형 기반 수업 전략의 시사점 ..... | 261 |
| 제 3 절 후속 연구 .....             | 263 |
| 참고 문헌 .....                   | 265 |
| 부 록 .....                     | 273 |
| Abstract .....                | 279 |
| 감사의 글 .....                   | 283 |

## 표 목차

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <표 1> 학생들의 선개념에 대한 용어 .....           | 6   |
| <표 2> 표현된 모형의 분류 .....                | 16  |
| <표 3> 연구 참여자와 출신 지역 .....             | 29  |
| <표 4> 수집 자료 .....                     | 30  |
| <표 5> 지구계 이해 분류틀 .....                | 34  |
| <표 6> 지구 그리기 활동 분석틀 .....             | 36  |
| <표 7> DASTT-C 채점틀 .....               | 37  |
| <표 8> 달의 위상 변화 개념 모형의 개념 분류틀 .....    | 39  |
| <표 9> 달의 위상 변화에 관한 연구 참여자들의 주요 오개념 .. | 129 |
| <표 10> 연구 참여자의 통합적 초기 모형의 특징 요약 ..... | 130 |
| <표 11> 숙달 목표 .....                    | 140 |
| <표 12> 강의 커리큘럼 .....                  | 142 |
| <표 13> 교사의 질문 맥락 .....                | 144 |



## 그림 목차

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <그림 1> 통합적 정신모형 .....              | 12  |
| <그림 2> 개념 그리기 예시 .....             | 19  |
| <그림 3> 학습 경로 .....                 | 21  |
| <그림 4> 불일치 관계 .....                | 24  |
| <그림 5> 형성 모형 탐색을 위한 응용문제 .....     | 40  |
| <그림 6> 기말 고사 평가 문항 .....           | 40  |
| <그림 7> 오로라의 지구 그리기 .....           | 44  |
| <그림 8> 오로라의 DASTT-C 1차 .....       | 46  |
| <그림 9> 오로라의 달 위상변화 개념 그리기 .....    | 52  |
| <그림 10> 이원리의 지구 그리기 .....          | 58  |
| <그림 11> 이원리의 DASTT-C 1차 .....      | 61  |
| <그림 12> 이원리의 달의 위상 변화 개념 그리기 ..... | 67  |
| <그림 13> 강초록의 지구 그리기 .....          | 74  |
| <그림 14> 강초록의 DASTT-C 1차 .....      | 77  |
| <그림 15> 강초록의 달의 위상 변화 개념 그리기 ..... | 83  |
| <그림 16> 한차이의 지구 그리기 .....          | 89  |
| <그림 17> 한차이의 DASTT-C 1차 .....      | 92  |
| <그림 18> 한차이의 달의 위상 변화 개념 그리기 ..... | 99  |
| <그림 19> 전수경의 지구 그리기 .....          | 104 |
| <그림 20> 전수경의 DASTT-C 1차 .....      | 107 |
| <그림 21> 전수경의 달의 위상변화 개념 그리기 .....  | 113 |
| <그림 22> 신영화의 지구 그리기 .....          | 119 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <그림 23> 신영화의 DASTT-C 1차 .....      | 121 |
| <그림 24> 신영화의 달의 위상 변화 개념 그리기 ..... | 128 |
| <그림 25> 부당성 입증 모드 .....            | 132 |
| <그림 26> 수정 모드 .....                | 133 |
| <그림 27> 확증 모드 .....                | 133 |
| <그림 28> 첨가 모드 .....                | 134 |
| <그림 29> 수업 전 지속 요소 1 .....         | 136 |
| <그림 30> 수업 후 지속 요소 2 .....         | 137 |
| <그림 31> 수업 후 지속 요소 3 .....         | 138 |
| <그림 32> 수업 후 지속 요소 4 .....         | 139 |
| <그림 33> 영상물을 이용한 ESE 활동의 예시 .....  | 146 |
| <그림 34> 사회 핫 이슈 .....              | 149 |
| <그림 35> 중학생들이 만든 과학송 .....         | 150 |
| <그림 36> 달 관측 보고서 예시 .....          | 151 |
| <그림 37> 과학관 동행 설명 .....            | 152 |
| <그림 38> R2 사진자료 .....              | 154 |
| <그림 39> R2 과학송.....                | 154 |
| <그림 40> R3 사진자료 .....              | 155 |
| <그림 41> 모형 기반 수업 전략 Part 1 .....   | 156 |
| <그림 42> R5 사진자료 .....              | 157 |
| <그림 43> R6 사진자료 .....              | 159 |
| <그림 44> R7 사진자료 .....              | 159 |
| <그림 45> R8 사진자료 .....              | 160 |
| <그림 46> 모형 기반 수업 전략 Part 2 .....   | 161 |
| <그림 47> R9 사진자료 .....              | 162 |

|   |     |
|---|-----|
| <그림 48> R10 활동 .....                    | 163 |
| <그림 49> R11 활동 .....                    | 164 |
| <그림 50> 모형 기반 수업 전략 Part 3 .....        | 165 |
| <그림 51> R13 사진자료 .....                  | 167 |
| <그림 52> R14 과학송.....                    | 167 |
| <그림 53> R14 사진자료 .....                  | 168 |
| <그림 54> R15 활동 .....                    | 169 |
| <그림 55> 모형 기반 수업 전략 Part 4 .....        | 171 |
| <그림 56> R16, R17 사진자료 .....             | 172 |
| <그림 57> 모형 기반 수업 전략 Part 5 .....        | 174 |
| <그림 58> 오로라의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우) ..... | 176 |
| <그림 59> 오로라의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성 .....   | 177 |
| <그림 60> 오로라의 지구의 자전축 표상 개념 그리기-형성..     | 179 |
| <그림 61> 오로라의 지필평가 개념 그리기 .....          | 180 |
| <그림 62> 이원리의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우) ..... | 182 |
| <그림 63> 이원리의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성 .....   | 183 |
| <그림 64> 이원리의 지구의 자전축 표상 개념 그리기 .....    | 185 |
| <그림 65> 이원리의 지구의 자전축 표상 수정 개념 그리기..     | 186 |
| <그림 66> 이원리의 지필평가 개념 그리기 .....          | 188 |
| <그림 67> 강초록의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우) ..... | 191 |
| <그림 68> 강초록의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성 .....   | 192 |
| <그림 69> 강초록의 지필평가 개념 그리기 .....          | 195 |
| <그림 70> 한차이의 달 관측 보고서의 일부 .....         | 196 |
| <그림 71> 한차이의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우) ..... | 198 |
| <그림 72> 한차이의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성 .....   | 199 |

|   |     |
|---|-----|
| <그림 73> 한차이의 달의 위상 변화 추가 개념 그리기 .....   | 200 |
| <그림 74> 한차이의 보름의 일주 운동 개념 그리기 .....     | 201 |
| <그림 75> 한차이의 응용문제 해결 개념 그리기 .....       | 202 |
| <그림 76> 한차이의 지필평가 개념 그리기 .....          | 203 |
| <그림 77> 전수경의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우) ..... | 206 |
| <그림 78> 전수경의 달의 위상 변화 1차 개념 그리기 .....   | 206 |
| <그림 79> 전수경의 달의 위상 변화 2차 개념 그리기 .....   | 208 |
| <그림 80> 전수경의 응용문제 해결 개념 그리기 .....       | 210 |
| <그림 81> 전수경의 지필평가 개념 그리기 .....          | 211 |
| <그림 82> 신영화의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우) ..... | 213 |
| <그림 83> 신영화의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성 .....   | 214 |
| <그림 84> 신영화의 달의 위상 변화 개념 그리기 .....      | 215 |
| <그림 85> 신영화의 지구 자전축 표현 .....            | 217 |
| <그림 86> 신영화의 지필평가 개념 그리기 .....          | 218 |
| <그림 87> 오로라의 통합적 초기 정신 모형 .....         | 221 |
| <그림 88> 오로라의 통합적 정신 모형 변화 .....         | 223 |
| <그림 89> 이원리의 통합적 초기 정신 모형 .....         | 226 |
| <그림 90> 이원리의 통합적 정신 모형 변화 .....         | 228 |
| <그림 91> 강초록의 통합적 초기 정신 모형 .....         | 231 |
| <그림 92> 강초록의 통합적 정신 모형 변화 .....         | 233 |
| <그림 93> 한차이의 통합적 초기 정신 모형 .....         | 236 |
| <그림 94> 한차이의 통합적 정신 모형 변화 .....         | 238 |
| <그림 95> 전수경의 통합적 초기 정신 모형 .....         | 241 |
| <그림 96> 전수경의 통합적 정신 모형 변화 .....         | 243 |
| <그림 97> 신영화의 통합적 초기 정신 모형 .....         | 246 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <그림 98> 신영화의 통합적 정신 모형 변화 ..... | 248 |
|---------------------------------|-----|

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 필요성 및 목적

우주에서 본 지구의 모습은 아름답기가 형용할 수 없을 정도이다. 그래서 지구를 블루마블(blue marble)이라고 묘사하기도 한다. 우주 속의 지구를 학문의 대상으로 하는 지구과학 수업 중에서도 학생들은 지구를 신비롭고 아름답게 인식할 수 있을까? 아니면, 아름다운 지구와 우주를 다루는 지구과학이라는 교과도 매우 신비롭기에 공부하고자 하는 흥미가 넘쳐날까? 수년째 이어지고 있는 이공계 기피현상과 고등학교 과학 중 선택과목 수 감소와 선택 경향을 보더라도 이 의문들에 긍정적인 답을 제시하기는 어려울 것이다. 특히, 초등 예비 교사들의 경우 대부분의 문과 출신의 교육대학교 학생들이 현장에 나가 교과 지도를 고려할 때, 과학 교과에 대한 걱정을 많이 하는 원인을 제공한다. 무엇보다도 예비교사들은 지구과학 영역에서 달의 위상 변화를 학습하고 초등학생들에게 다시 가르치는 것에 대하여 많은 두려움을 가지고 있다. 그래서 서울 지역에서는 과학을 전담 교사가 수업을 진행하는 학교들이 있다. 예비교사들은 초·중등 정규교육 과정을 거치면서 관련 내용을 학습 했음에도 불구하고 많은 오개념을 가지고 대학 수업에 임하고 있으며, 심지어 학점을 이수하고 나서도 완전히 바른 개념이 형성되지 않을 수도 있다. 그래서 이 과정을 이수한 예비초등교사와 동일 지역의 예비중등교사의 일식과 월식에 관한 정신 모형(mental model)을 비교 분석한 이기영(2008)의 연구에서도 대부분의 초등 예비교사들이 오개념이 포함된 과학적으로 불완전하거나 결함 있는 정신모형을 지녔음이 나타났다. 대학 이수과정에서 관련 지구과학 교과 내용학 지식(subject content knowledge)을 심층적으로 배울 기회가 없기 때문인 것으로 판단하고 있다. 물론 여건 상 초등 예비교사를 양성하는 교육대학교에서는 지구과학에 관한 교과 내용학 지식을 이수할 기회가 충분히 제공되지 못하고 있는 것은 사실이다. 하지만 이러한 심화 학습 부재뿐만 아니라 지구과학에 대한 두려움, 낮은 자기 효능성, 그리고 낮은 흥미 등과 같은 지구과학을 학습하고자 하는 낮은 동기의 정

의적 영역의 영향도 고려해야 할 것이다. 추가적으로 이러한 정신 모형 형성에 영향을 미친 과거의 수업 맥락이나 사회·문화적 배경과 같은 환경적 원인도 살펴 보아야한다.

우리나라에서 기존의 다양한 정신 모형의 정의와 해석을 바탕으로 지구과학 분야에서도 정신 모형 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 주로 지구 내부 구조나 달의 위상 변화 그리고 계절의 변화와 같은 대표적인 개념들의 개념 형성이나 오개념을 확인하는 연구들이 주를 이루었다(변재성 등, 2004; 정구송, 2007; 오준영과 김유신, 2006; 이호 등, 2007). Minstrell(1992)의 국면(facets) 분석을 이용하여 조석 현상에 대한 정신 모형을 분석한 연구(이기영, 2006)와 diSessa(1993)의 현상론적 초안(phenomenological primitive)과 국면 분석을 통한 식 현상에서의 정신모형을 탐색한 연구(이기영, 2008)는 기존 연구 보다는 심층적인 정신 모형의 연구로 볼 수는 있지만, 이 역시 정신 모형의 인지적 측면으로의 접근으로 제한된다. 지구과학 개념에 관한 정신 모형을 심층적으로 살펴보기 위해서는 Tennyson과 Nielsen(19998)의 연구와 같이 정의적 요인을 교육 시퀀싱과 인지 발달에 관한 연구에 명시적으로 포함된 통합적 정신 모형(Integrated Mental Model)을 고려해야 한다. Lee 등(2005)은 여기에 수업 맥락까지 포함한 정신 모형을 제시하였다.

또한, 학생들이 지니고 있는 오개념을 수업을 통하여 개념 변화를 일으키는 것이 고전적인 과학 교육의 목표이자 연구의 한 분야이다. 특히 초등 교사 양성을 목적으로 하는 교육대학교의 경우에는 교수 목적이 뚜렷하면서도 중등 교사와 달리 대부분의 교과를 지도해야하는 초등 교사의 특수성으로 여러 교과를 단기간에 이수해야하므로 예비 초등 교사들을 대상으로 강의 시에는 수업 전략의 측면에서 개념변화에 접근할 필요가 있다. 하지만 그동안 국내에서는 예비 교사들의 오개념이나 정신 모형의 문제점을 기술하거나 유형화하는 연구들이 주로 수행되어 왔다(정진우와 김윤지, 2008; 오준영과 김유신, 2006; 이기영, 2008). 그래서 예비교사들의 오개념이 포함된 불완전한 정신모형을 대학 수업을 통하여 교정하는 지구과학 교육 관련 실천적 연구가 필요하다. 이러한 관점에서 학생들의 수업 전 정신 모형을 기반으로 한 수업 전략을 제공하는 최근의 연구로는 Clement(2000)의 모형 기반 학습(model based learning)을 눈여겨 볼 필요가 있다.

Clement와 Steinberg(2002)과 Rea-Ramirez(1998)는 소그룹에서 학생의 정신 모형을 기반으로 한 수업 전략을 연구하였다. 이 후 여러 학자들에 의해 과학 수업에 있어서 더 나은 모형으로 발전시키는 위한 교수법과 교수 전략을 연구해왔다. 특히, 구성주의적 관점에서 Clement(2000)와 Rea-Ramirez(1998)의 연구는 모형 기반 수업 전략에 몇 가지 기본적인 시사점을 제공해준다. 학생들의 정신 모형을 기반으로 교정이나 수정이 일어날 수 있도록 해야 하고 그리기와 같은 시각화 표상을 바탕으로 탐색된 학생들의 모형을 수업의 시작점으로 삼아야 한다. 그리고 학생들의 모형을 수정 또는 교정하는데 동기으로써 불일치 질문이나 사건과 같은 모순 관계를 이용해야 한다(Clement, 2008). 하지만 모형 기반 학습 연구에서도 소규모 그룹을 주로 연구 대상으로 했기 때문에 30명 이상의 교실 규모의 수업에서 다양한 학생들의 오개념을 다루면서 교사와 학생 사이의 정신 모형의 상호 작용을 일으킬 것인가에 대한 명확한 해답을 찾지 못하고 있다(Clement, 2000; Gobert & Buckley, 2000). 그러므로 교육대학교에서 예비교사를 대상으로 모형 기반 학습을 적용한 수업을 할 때는 교실 규모에서 구성원들마다 지니고 있는 정신 모형의 수준과 형태가 다양하기 때문에 반드시 사전에 학생들의 초기 정신 모형을 탐색해야만 한다. 또한, 거의 동일 지역의 유사한 환경을 바탕으로 한 초·중등 학생들과는 달리 전국 각지의 다양한 사회적 문화적 환경을 배경으로 한 대학생들의 정신 모형들은 더 복잡하면서도 다양한 특성을 지닌다. 따라서 이러한 예비교사들의 지구과학 개념 변화를 위한 수업 전략을 구성하기 위해서도 통합적 정신 모형으로 고려할 필요가 있다.

그래서 우선적으로 지구과학을 어려워하는 예비교사들의 통합적 초기 정신 모형을 탐색하고 초기 모형 분석을 바탕으로 모형 기반 학습 수업 전략을 수립할 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 교육대학교에서 지구과학 강의를 수강하기 전 지구과학 교과를 어려워하는 예비 초등 교사들이 지니고 있는 지구과학 개념의 초기 정신 모형을 통합적 관점에서 살펴보고자 한다.

둘째, 교육대학교에서 예비 초등 교사들의 초기 정신 모형을 기반으로 목표 모형에 도달할 수 있도록 효율적인 모형 기반 수업 전략을 구성한다.



셋째, 모형 기반 수업을 실행하여 예비교사들의 진화된 형성 모형을 탐색하여 모형 변화에 영향을 준 요소들을 통합적으로 살펴보고자 한다.

## 제 2 절 연구 문제

초등 예비교사들의 달의 위상 변화와 달의 일주 운동에 관한 지구과학 정신 모형을 통합적으로 살펴봄으로써 모형 기반 학습을 통하여 변화를 추구하는 수업의 전략 수립에 정보를 제공하고 기반이 되는 사례 연구가 필요하다. 첫 번째 목적을 위한 연구 문제는 다음과 같다.

### 1. 예비교사들의 통합적 초기 모형의 특징은 무엇인가?

통합적 관점에서 지구과학의 개념들에 대한 정신 모형의 형성 과정에는 강의와 참관 실습 그리고 문화 체험 등의 다양한 인지적, 정의적 그리고 환경적 요인들의 상호작용에 의해서 계속적으로 재구성되고, 재해석되어지는 복잡한 과정을 겪게 된다. 그래서 위의 연구 문제들의 결과를 이용하여 두 번째 목적을 위한 연구 문제는 다음과 같다.

### 2. 예비교사들의 최적화된 통합적 모형 기반 학습 수업 전략은 무엇인가?

예비교사들의 최적화된 모형 기반 학습의 실행을 통하여 형성된 모형을 초기 모형과 비교해보면 모형의 진화를 확인할 수 있고 수업 전략에서 제공한 요소들이 모형 형성에 미친 영향들을 확인할 수 있다. 이를 통하여 세 번째 목적을 위한 연구 문제는 다음과 같다.

### 3. 모형 기반 학습 후 예비 교사들의 정신 모형은 어떻게 변화하였는가?

## 제 2 장 이론적 배경

### 제 1 절 정신 모형

#### 1. 학생들의 선개념 연구

1970년대 중반부터 과학교육연구의 핵심적인 한 분야는 학습의 본성과 학습자의 사전 개념에 관한 연구였다. 연구결과에 따르면 학생들은 수업 이전에 자기만의 개념을 형성하며, 이러한 선개념(preconception)이 학생들의 학습과정에 지속적으로 영향을 미친다는 것이 밝혀졌다. 이후 학생들의 선개념을 과학적으로 변화할 수 있도록 돕는 과학개념변화에 관한 연구가 활발하게 진행되었다. 초기 전통적인 개념변화 연구는 Pintrich 등(1993)이 “차가운 개념변화”라고 비유했듯이 학생들의 학습에 대해 인지만을 고려한 모형을 강조하였으며, 학교에서 배운 지식을 활성화시키지 못하고 기존 개념을 사용하는 것에 대한 설명을 제대로 하지 못하였다. 이와 같은 비판은 학습자의 선개념의 본성, 개념 변화를 일으키는 요인 등에 관하여 기존 전통적 관점과 다른 입장을 취하는 새로운 개념변화 이론을 낳게 하였다.

이러한 학생들의 개념을 지칭하는 용어들은 다양하다. 오개념, 선개념, 대안 개념, 대안체계, 사전개념, 소박 개념, 기존 개념, 실용 개념, 대안 체제 그리고 학생 개념 등 다양하게 지칭되고 있다. 이러한 학생들이 수업 전에 가지고 있는 선개념에 대한 용어를 정리해 보면 <표 1>과 같다.

학생들의 선개념을 표현하는 용어 중 가장 대표적으로 사용되는 용어는 오개념이다. 일반적으로 오개념이란 과학자들이 가지고 있는 지식과 그 의미와 구조가 다른 선행지식, 교과서 또는 과학자들이 공인하는 개념과 다른 개념을 의미한다. 이 오개념은 수업 이전에 학생 자신의 경험과 직관을 바탕으로 형성되어지며 그들의 독특한 개인적 경험의 결과로 수업 이전에 형성된 것이기에, 수업에 의해서도 쉽게 변화되지 않는다고 보고 있다. 그래서 많은 연구들이 수업 이전에 오개념을 조사하기 보다는 수업 이후에 평가를 이용하여 수업을 통해서도 변하지 않는 오개념을 찾아 확인하고 목록으로 만드는 방향으로 이루어져왔

다. 따라서 이러한 연구들은 학생들의 개인적 믿음을 공인된 과학 지식으로 변화시키기를 원하는 과학 교사들에게 수업 시작 전에 학생들이 가진 오개념을 확인할 필요가 있다는 것을 시사해준다. 또한 학생들의 오개념과 관련된 연구를 통하여 학생들의 오개념이 아동의 지각 특성과 관련된 요인, 아동의 논리적 추론 특성에 따른 내적 요인과 교과서, 교사 그리고 언어의 모호함에 의한 외적 요인에 의해서 형성되어진다는 사실이 밝혀졌다.

| 학자                                       | 용어                                 | 설명   |
|--|------------------------------------|--|
| Clement<br>(1981)                        | 사전개념<br>(preconception)            | 학생들이 이미 수업 이전에 수업과 관련된 개념을 지니고 있으며 이들의 개념은 수업 후에도 잘 변화하지 않는다.  |
| Driver<br>(1981)                         | 대안체계<br>(alternative framework)    | 학생들의 수업 이전 개념은 어떤 현상을 설명하는 또 다른 대안적인 설명일 수 있다.   |
| Minstrell<br>(1982)                      | 대안개념<br>(alternative concept)      |  |
| Gilbert et. al.<br>(1982)                | 아동과학                               | 학생들이 수업 이전에 갖는 개념이다.   |
|  | 교사과학                               | 교사들이 가지고 있는 과학개념이다.  |
|  | 학생과학                               | 교사에 의해 수업을 받은 후의 아동의 과학 개념이다.  |
| McClosky<br>(1983)                       | 직관적 믿음 또는 신념<br>(intuitive belief) | 수업 이전에 학생들이 갖고 있는 개념은 거의 무의식적이고 직관적이어서 주어진 문제에 응답할 때에도 마찬가지로 특성을 보이는 데, 심지어 전문가들조차도 충분히 생각할 시간이 부족할 때 이들과 동일한 특징을 보인다. |
| Viennot<br>(1979)                        | 자발적 추리<br>(spontaneous reasoning)  |  |
| Wheeler,<br>Kass(1978) &<br>Strike(1983) | 오개념<br>(misconception)             | 과학자들이 가지고 있는 지식과 그 의미와 구조가 다른 선행지식, 교과서 또는 과학자들이 공인하는 개념과 다른 개념이다.   |

**<표 1> 학생들의 선개념에 대한 용어**

하지만, 이번 연구에서는 연구 참여자가 이미 관련 개념 주제에 대한 내용을 이전 교육과정을 통하여 학교에서 학습을 하였기 때문에, 연구 참여자들의 선개념을 기존의 연구에서 정의하여 사용하던 용어들을 그대로 사용하기에는 무

리가 있다. 특히, 학생들이 교육과정 상에서 각 학년에서 목표로 하는 목표 모형(target model)은 과학자들이 지니고 있는 개념이나 모형(science model)과는 근본적으로 다를 수밖에 없다. 또한, 학생들이 교육과정을 모두 성실히 이수하였다고 해서 목표 모형에 모두 도달했다고 볼 수 없으며, 이 학생들에게 수업 중 제공한 목표 모형에 있어서도 모든 교사가 교육과정에 준하여 동일하게 제공했다고 볼 수 없다. 특히 교사들마다 가지고 있는 개념 모형이 다르기 때문에 동일한 기준으로 해석하기는 어렵다. 그래서 본 연구에서는 연구대상자들이 지니고 있는 선개념에 대한 용어를 오개념으로 통일하여 사용하였다.

## 2. 인지와 정신모형

인지는 외부 세계에 대한 찰나의 정신 모형이다. 인지는 유동적이며 순간순간 변화하고 흘러가는 다양한 생각들이다. 생각이란 것은 세상에 대한 직접적인 그대로의 심상(image)이기보다는 인위적이고 구조화된 심상으로 간주한다(Gilbert & Ireton, 2003). 왜냐하면, 무엇보다도 사람의 모든 감각기관으로 들어오는 정보는 의미를 지닌 것으로 해석되어지기 때문이다. 예를 들어, 소리는 공기나 물과 같은 매질의 떨림에 의하여 만들어진다. 이 떨림 자체가 소리가 아니라, 이 떨림을 받아들인 우리 몸의 수용기로부터의 입력 정보의 정신적 해석이 소리인 것이다. 미각, 후각, 시각 그리고 촉각도 유사하게 각각의 입력 정보에 해당하는 에너지들을 전기적 신호로 전환하는 감각 기관에 의해 느껴지는 것이다. 이와 유사하게 텔레비전 카메라가 빛을 전기적 에너지로 전환하는 것도 동일한 원리이다.

우리는 세상을 이와 같이 인지하기 때문에 다른 방법으로 세상이 인지될 수 있는 것에 대하여 잘 생각하지 않는다. 예를 들어 다른 종의 동물들은 사람과 동일한 입력 정보에 대하여 다른 방식으로 해석할지도 모른다. 사실은, 모든 사람들이 정확하게 같은 방식으로 세상을 인지하는 것은 아니다. 공감각(synesthesia)이라 불리는 유별난 현상에서는 감각기의 입력정보들이 흥미로운 결과물과 겹치거나 서로 결합한다. 어떤 사람들은 리듬 있는 소리를 색깔 점들이나 점선의 연속으로 보는 시각화하여 인지할 수도 있다. 그리고 알파벳 문자들은 서로 다른 색깔이나 소리에 결합되어 시각화하여 인지될 수 있을 것이다.

공감각을 지닌 사람들은 그렇지 못한 사람들과는 달리 다른 방법으로도 세상을 인지하지만, 누가 더 세상을 정확하게 인지하는 정신 모형인지를 말할 수는 없다(Gilbert & Ireton, 2003).

또한, 우리가 시각으로 본 것을 구조화하여 구성하는 것은 우리의 감각이 연속적이지 않고 단편적인 입력 정보를 이해할 때 명백하게 인지할 수 있다. 우리의 감각기관은 연속적으로 여러 가지 근원으로부터 정보를 수집하나, 우리의 인지는 연속적인 정보의 흐름에 대해서는 익숙하지 않다. 아마 대부분의 사람들은 책의 페이지를 문자 단위 혹은 단어 단위로 보기 보다는 전체적으로 읽고 있을 것이다. 이는 본질적으로 겉보기에 끊임없는 장면을 제공하기 위하여 뇌가 빈틈을 채울 수 있는 만큼의 사람의 감정이나 사물에 대한 관점에 영향을 주는 환경을 표본 추출하고 있는 중이기 때문이다. 한편, 사람들과 대화중에 사용하는 인지 과정을 고려해보자. 화자가 말을 할 때, 지속적으로 단어들이나 어미를 빼먹을지도 모른다. 그러나 뇌가 매우 부드럽게 그 빈틈을 채워주기 때문에 단어나 어미를 빼먹은 것을 화자가 알아채기가 쉽지가 않다. 화자가 갑자기 무언가를 빼먹은 것을 인지할 때, 특별히 맥락이 친숙한 것이라면 화자는 빠뜨린 정보를 빈틈 사이에 끼워 넣을 수 있을 것이다. 그러나 주제가 익숙한 것이 아니라면, 화자는 좀 더 주의를 기울여야만 한다. 왜냐하면 이 경우에는 정확하게 빈틈을 매울 능력이 부족하고 대화의 맥락에서 의미를 잃거나 혼돈하게 되기 쉽기 때문이다. 우리의 삶에서 거의 대부분이 정확하지 않고, 삶에서 적어도 정확한 특성을 지닌 것들은 아마 그것에 관한 우리의 정신 모형일 것이다(Gilbert & Ireton, 2003). 이와 유사하게 Johnson-Laird(1983)은 사람들은 형상 또는 대화의 내용에 관한 사고활동을 전개할 때 의미론적(semantic) 표상과 이미지 표상을 동원하여 현재의 사고과정에 대한 내적 표상체계를 형성하게 된다고 보았다. 이 때 작업 기억 내에서 두 유형의 정보를 체계적으로 통합하여 현재의 현상을 인식하는 내적 표상을 정신모형이라고 보고 있다. 따라서 정신모형을 특정 시간에 특정 상황에 대한 정지된 관점인 이미지와 달리 영화 혹은 비디오에서 상영되어지는 사건들을 보는 것과 같은 방식으로 마음속에 떠오르는 것으로 본다(Franco et al., 1999).

삶의 과정에서 우리는 지속적으로 우리의 정신 모형을 일반화한다. 이것은 역동적 흐름이다. 우리는 각자의 인지 기구, 기억력 그리고 감정의 능력치에 따

라 감각 정보를 해석한다. Gentner와 Stevens(1983)은 세상에 대한 그리고 세상이 어떻게 작동하는 지에 관한 인간의 지식과 관련되어있다고 주장한다. 그들의 정신모형은 장기 기억에 그 내용이 어떻게 표상되어 있는지에 더 중점을 두고 있다. 한편, Greca와 Moreira(2001)는 상황이 나 문제해결 과정에서 구조적으로 유사한 사물을 떠올리는 심적 표상(representation)과 관련이 되며, 심적 표상의 역할은 사람들이 대화를 이해하려 할 때나 물리적 세계에서 행동에 예상하고 설명하려 할 때 개인의 사고를 설명하는 것으로 보고 있다. 그리고 무엇보다, 감정의 개입은 대화에서 오역의 결과를 만들 수 있는 의도하지 않은 맥락을 제공하기도 한다. 우리는 감각 정보를 해석할 때 맥락에 의존해야하기 때문에, 이러한 모든 요소들이 상대론적이고 개연론적인 사건과 사실들을 알게 하고 학습하게 만든다. 따라서 우리는 실제로 존재할 수 있는 것으로써 세상을 인지함에 있어서 제한된 개연성을 가진다(Gilbert & Ireton, 2003).

이러한 정신 모형에 대한 연구들은 과학 교육 뿐만 아니라 인지과학과 인공지능 등의 다양한 분야에서 각자의 연구 목적과 쓰임새에 맞게 정신 모형을 정의하여 사용하고 있다. 그래서 정신 모형에 대한 정의를 일반화하는 것은 어렵겠지만, Franco와 Colinavax(2002)는 기존의 다양한 정신모형의 특징을 Vosniadou와 Brewer(1992)의 지구에 대한 아동들의 정신 모형 분석을 바탕으로 정리하였다. 이 특징들을 과학 교육에 시사하는 내용과 함께 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 정신모형은 생성력이 있다(Franco & Colinavax, 2002). 이는 학생들이 자신의 정신모형을 이용하여 추론함으로써 예상을 하거나 새로운 아이디어나 개념을 생산해내기 때문이다. 태양계의 행성들을 생명체가 살 수 있도록 리모델링하는 활동에서 학생들의 인지 특성을 살펴본 오현석 등(2009)의 연구에서도 학생들은 각자의 정신 모형속의 배경 지식을 바탕으로 행성을 리모델링하는 새로운 아이디어와 개념들을 표상하였다. 또한, 하나의 개념에 관한 정신모형이 생성된 체로 멈추어 있는 것이 아니고 기존과는 달리 새로운 사실이나 감각적 자극 등을 적절히 제공받으면 점차 발전하는 방향으로 변화할 수 있는 것이다.

둘째, 정신모형은 암묵적이다(Franco & Colinavax, 2002). 사람들이 정신모형이 구성되고 있다는 것을 알아채지 못하기 때문이며, 역설적으로 사람들은 정신모형을 지니고 있지만 자신의 정신모형을 알지 못한다. 즉, 학생들이 지니

고 있는 정신모형은 단순한 방법으로 탐색해내기 어렵다는 것을 의미하며, 영향을 주는 여러 요인들을 고려하여 정신모형이 표상될 수 있도록 유도하여야만 탐색할 수 있다는 것을 뜻한다. 그래서 정신 모형과 관계된 다양한 분야의 연구들은 글쓰기, 그리기 또는 대상을 만들거나 조작하는 행동들에 의해 표현된 모형들을 분석해왔다. 특히 Kosslyn과 Thompson(2003)의 연구에서와 같이 여러 가지 감각 중 시각적 자극에 가장 큰 영향을 받기에 지구와 관계된 정신모형의 경우에는 그림으로 표상된 것을 인식론적으로 분석할 필요성이 있다(오현석과 김찬중, 2010).

셋째, 정신모형은 합성적이다(Franco & Colinavax, 2002). 정신 모형을 구성하는데 있어서 효율적이기 위해 동기가 된 사건이나 체계의 단순화된 표상들의 합성으로 구성되어 진다. Vosniadou(1994) 연구에서는 정신모형은 사회가 제시한 관점을 학생 자신의 생각과 일치시켜 나가려는 시도로 인한 결과라고 보았다. 즉, 정신모형은 그 아동의 초기 정신모형에 그 문화에서 널리 받아들여진 과학적 설명이 합성되어 나타난 것이다. 하지만, 사회가 제시한 관점을 학생들이 자신의 인지구조와 무조건 합성하는 것은 아니므로 적절한 갈등을 제시해 주어야 자신의 정신모형을 수정하거나 변화시키게 된다. 여기에 추가하여 Franco와 Colinavax(2002)는 유기적으로 통일되는 표상을 하는 과정에서 대상의 특징들이 압축되는 것과 표상 자체의 합성적 본성에 기인하기 때문에 정신모형은 합성적인 특성을 지닌다고 하였다. 특히 과학 수업 중에는 교사가 제시한 과학적 사실과 학생들의 초기 정신모형 속의 차이를 학생들이 인지하고 갈등하는 것이 필요하며 방법적인 면에서 다양한 표상의 활용이 요구된다. 그래서 과학 교사는 학생들의 초기 정신 모형을 학생들의 표상으로부터 정확히 파악하여야 하며, 과학 모형과의 차이를 모순 사건(discrepant event)이나 모순 질문(discrepant question) 등을 이용하여 불일치나 불만족이라는 적절한 갈등으로 제시해 주어야 한다(Rea-Ramirez & Nunez-Oviedo, 2002).

넷째, 정신모형은 세계관에 의하여 제약을 받는다(Franco & Colinavax, 2002). 사람들은 각자가 가지고 있는 일반적인 믿음 체계에 따라 정신 모형을 사용하고 발전시킨다. 즉, 사람들은 그들의 세계관에 의해 정신모형의 범주를 제한한다는 뜻이다(Orneck, 2008). Vosniadou와 Brewer(1992)의 연구에서도 지구가 평평하다는 세계관을 지닌 학생들이 지구에 대하여 디스크 모양이나 육면

체 형태의 지구에 관한 정신 모형을 형성하게 된다. 이러한 세계관은 사회·문화적 영향이나 각자의 기존 경험에 의하여 형성된다. 예를 들어, 지구가 평평하다는 세계관을 지닌 학생들은 자신이 생활하는 공간에서는 지구가 평평하다고 느끼는 경험에 의한 것이다(Vosniadou & Brewer, 1992). 마찬가지로 천동설적 세계관은 과거에는 지구 중심의 종교적 믿음에 근거했었고 현대에도 관측자가 지구의 자전을 느낄 수 없기 때문에 천체 관측에 있어서 일주 운동이 지구 자전에 의한 것이 아니라 천체의 움직임이 원인이라는 정신 모형을 형성하게 한다. 그래서 달의 일주 운동에서도 달의 자전 주기를 24시간으로 생각하는 개념이 학생뿐만 아니라 초등 예비교사에게서도 등장하고 있다(Dai & Capie, 1990; Trundle et al, 2007). 정신모형들은 변화가 쉽지 않을 수도 있다. 그러므로 교사는 학생들의 정신모형에 반영된 세계관을 탐색하여 개념 변화를 단계적으로 이끌어 내야 한다.

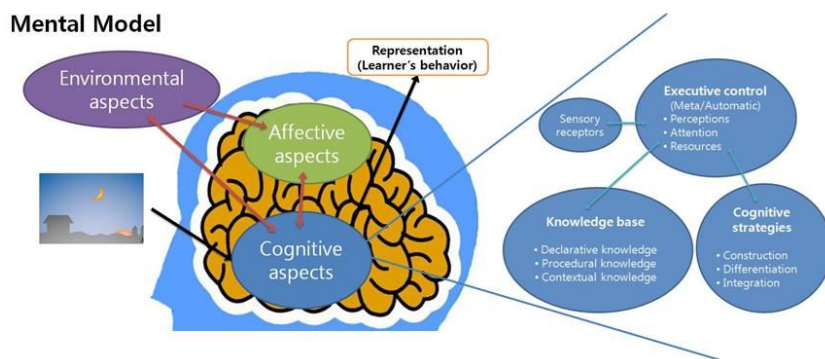
정신모형 형성과정을 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 우선, 학생에게 제시된 정보 중 감각 기억을 통해 주의(attention)를 받은 정보만이 작업 기억 속에서 표상된다. 그리고 이와 동시에 평상시 인식하고 있지 못하고 있던 학생의 기존 경험을 통해 형성된 인식론적 신념, 존재론적 신념과 문제 상황과 관련된 기반 지식들이 활성화되어 이들의 상호작용 결과로서 최종적으로 문제 해결 표상인 정신모형이 작업 기억 속에 형성되어 언어 혹은 이미지로서 표현된다. 이처럼 눈에 보이지 않는 작업 기억 속에 형성된 정신모형이 외부적으로 표현된 모형을 ‘표현된 정신모형(expressed model)’이라고 한다(Franco & Colinvaux, 2000). 문제를 지각하여 최종적인 ‘표현된 정신모형’이 형성되는 과정 즉, 제시된 정보 중 일부만을 선택적으로 지각, 관련 정보의 인출, 여러 대안적인 정신모형 중 하나만을 선택함에 있어서 학습동기, 메타인지, 사고전략, 정서 등의 감정 요소들이 관련된다.

### 3. 통합적 정신모형

정신모형의 특징들을 바탕으로 인지심리학적 관점에서 학생들의 정신 모형에 통합적으로 접근하면 Lee 등(2005)의 연구와 같이 정신모형의 형성에 영향을 주는 요소로 크게 인지적 요소와 정의적 요소 그리고 환경적 요소로 나누어



볼 수 있다. 즉, 정신모형은 사회나 문화를 바탕으로 한 학습상황에서 문제를 접하여 주어진 정보와 관련된 학생 기존의 지식과 믿음 등이 다양한 정의적 요소의 영향 속에 상호작용 결과로서 작업 기억 상에 형성되는 내적 표상이므로 표상된 정신모형을 연구하기 위해서는 학생의 인지적, 정의적 요인, 그리고 수업과 사회·문화와 같은 환경 요인을 모두 고려해야 한다. 따라서 기존의 정신모형과 달리 정의적 요인을 강조하여 나타냈던 Tennyson과 Nielsen (1998)의 정신모형에 환경적 요인을 추가하여 구성한 통합적 정신모형을 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 1> 통합적 정신모형

## 가. 정의적 요인

Tennyson과 Nielsen (1998)의 연구와 같이 학습과정에 영향을 끼치는 변인으로서 정신모형 형성과 관련하여 정의적 요인의 중요성이 강조되고 있다. 정신모형 형성과 관련하여 고려할 수 있는 정의적 요인은 동기(motivation), 느낌(feelings), 태도(attitudes), 감정(emotions), 불안(anxiety) 그리고 가치(values) 등으로서 인지적 요소와 관련하여 사고과정 전반에 걸쳐 영향을 끼친다 (Tennyson, & Nielsen, 1998). 특히, 동기는 주어진 정보에 대한 주의와 선택된 외부 정보와 작업 기억 상에 활성화된 지식과 믿음을 유지하는 과정 모두에 영향을 끼친다. Linnenbrink와 Pintrich(2002)의 연구 결과에 따르면, 동기의 구성 요소 중 자아 효능감(self-efficacy), 귀인(attribution), 내재적 동기(intrinsic motivation) 그리고 목표 지향(goal orientations)이 성공 요인으로 간주된다.

자아 효능감은 특정 학습 내용이나 과제 혹은 영역에서 수행할 수 있는 자신의 능력에 관한 개인의 신념으로 자아상과 자부심에 대한 일반적인 신념이 아니라 상황적이고 맥락적인 신념이다. 한편, 성공이나 실패의 결과가 발생했을 때, 개인은 성공이나 실패에 대해 이해될 만한 원인을 결정하기 위하여 상황을 분석할 것이다(Weiner, 1986). 이러한 귀인은 환경적 요소와 개인적 요소로 나눌 수 있다. 평가를 방해하는 환경이나 교사의 편견과 성향 등과 같은 것은 환경적 요소에 해당하고 지식의 부족, 능력의 부족, 또는 적절한 평가에 대한 대비를 하지 못함과 같은 것은 개인적 요소에 해당한다(Weiner, 1986; Graham & Weiner, 1996).

귀인은 귀인 이론에 의하면 성공이나 실패의 결과가 발생했을 때, 개인은 성공이나 실패에 대해 이해될 만한 원인을 결정하기 위하여 상황을 분석할 것이다(Weiner, 1986). 이러한 원인들에는 능력, 노력, 수행 난이도(쉬움 또는 어려움), 운, 분위기, 그리고 도움 등이 있을 수 있는데, 이는 다시 환경적 요소와 개인적 요소로 나눌 수 있다. 평가를 방해하는 환경이나 교사의 편견과 성향 등과 같은 것은 환경적 요소에 해당하고 지식의 부족, 능력의 부족, 또는 적절한 평가에 대한 대비를 하지 못함과 같은 것은 개인적 요소에 해당한다. 이와 같은 정의적 측면의 심리적 요소인 원인들은 학습의 참여와 성취와 같은 행동적 결과와 연관되게 된다. 일반적으로 성공을 했을 때는 안정적이고 내재적인 요소인 능력, 기술 또는 재능을 원인으로 볼 수 있으며, 이런 원인들은 다른 학습이나 과제에서도 다시 등장할 수 있다. 노력과 같은 불안정하지만 통제할 수 있는 내재적 원인들은 상황적 요구에 의해 개인의 노력에 따라 변할 수 있다는 점에서 특별히 성공의 원인으로 적용된다. 반면, 실패 했을 때는 불안정한 요소들이 좀 더 원인으로 적용된다. 이러한 귀인 이론은 사건의 원인에 관한 학생들 개인의 신념이 피드백이나 다른 환경적 조작에 의하여 변할 수 있기 때문에 교육 심리학에 매우 유용하다. 특히 학생들의 성공이나 실패에 대한 교사의 반응은 학생들이 만들어낸 원인의 여러 형태 속에서 교사가 중요한 역할을 담당한다는 학생의 귀인에 영향을 줄 수 있다. 게다가 교사는 학생들의 성공이나 실패에 따르는 피드백을 제공함으로써 학생들의 귀인에 영향을 줄 수 있다(Linnenbrink & Pintrich, 2002).

외재적 동기가 목적을 위한 수단으로 수행에 관여하는 반면, 내재적 동기는

그 자체가 수행에 관여하는 동기를 뜻한다. 내재적 동기를 다른 쉬운 표현으로 나타내면 흥미(interest)이다. 흥미는 여러 이론가들에 의해 다시 개인적 흥미(individual interest)와 상황적 흥미(situational interest)로 구별 되어 진다(Hidi, 1990; Hidi & Harackiewicz, 2000; Krapp et al., 1992). 개인적 흥미는 특정 영역이나 내용 그리고 활동에 대한 개인마다 다른 흥미를 뜻하며, 이는 학생들이 어떤 특정 영역이나 활동에 얼마나 관심이 많은 지를 학생들의 보고서에 의하여 측정할 수 있다(Hidi & Harackiewicz, 2000). 한편, 상황적 흥미는 Mitchell(1993)이 제시한 바와 같이, 다시 사로잡기 요소(catch factor)와 지속 요소(hold factor)로 나누어 살펴볼 수 있다. 사로잡기 요소에는 혁신적인 수업 방법이나 수업 요소들이 포함되는데, 예를 들면, 흥미로운 컴퓨터 프로그램을 이용한 소셜 수업 기술이나, 놀이를 접목한 도구를 이용한 학습 또는 그룹별 활동 등이 여기에 해당한다. 이처럼 학생들이 기존에 접해보지 못한 수업 방법이나 수업 요소들이 상황적 흥미를 유발하는 사로잡기 요소라고 볼 수 있다. 반면, 지속 요소는 학생들이 학습 하는 내용을 자신들에게 유용하게 인식하여 의미를 부여할 수 있게 하거나, 학생들이 자신들의 학습에 열중할 수 있도록 장려하는 역할을 수행한다(Mitchell, 1993). 개인적인 흥미와 상황적 흥미는 학업 성취 향상에 많은 영향을 미친다. 특히 교육학적으로는 상황적 흥미가 학생들이 수업과 과제에 집중할 수 있게 해주어 성취도 향상에 기여한다. 그래서 교사들은 교수 내용뿐만 아니라 이러한 상황적 흥미를 유발 할 수 있는 방법을 고려해야 한다. 무엇보다도 사로잡기 요소뿐만 아니라 지속 요소를 함께 어떻게 장려할 것인지 방법적인 면을 고민하여야 한다(Linnenbrink & Pintrich, 2002).

학생들이 수업을 통한 성취 목표는 학습이나 과제를 수행함에 있어서의 목적의 지향을 숙달 목표(mastery goals)와 성과 목표(performance goals)의 두 가지로 나눌 수 있다(Ames, 1992). 이 중 성과 목표는 학생들이 스스로 이 수업과 강좌를 통하여 다른 사람들과 경쟁하여 받는 학점에 대한 목표 등이 될 것이다. 물론 교육적으로 성과 목표를 적절히 자극해주면 학업 동기로서 학생들의 모형 형성에 도움이 되는 영향을 주는 정의적 요소일 수 있다. 하지만, 오히려 지나친 경쟁이나 자신의 능력에 부합되지 않는다고 느꼈을 때는 오히려 악영향을 줄 수도 있다. 한편, 숙달 목표는 학습들이 교과 내용 지식이나 교수적 내용 지식을 습득하거나, 학습 내용을 이해하려고 노력하여 자신의 역량을 향상 시키

거나, 또는 자기 나름대로의 성취 기준 목표에 도달하는 것이기 때문에. 학생들의 개념 모형 형성에 동기가 되는 매우 유의미한 정의적 요소로 고려될 수 있다(Linnenbrink & Pintrich, 2002).

## 나. 환경적 요인

정신모형 형성과정에 영향을 끼치는 외부 요인들로는 교사, 교과서, 수업, 제시된 과제, 학교 환경, 진로나 계열 선택, 가정환경, 그리고 문화 등과 같이 학생 외부에서 발생한 환경적 요인들이 있다. 예를 들어 Samarapungavan 등(1996)이 수행한 연구에서 한 학생은 지구의 모양을 묻는 다른 맥락의 문항에 대해 다른 정신모형을 형성하였다. 이는 기본적으로 같은 물리적 원리와 개념을 학생들에게 물어봤을 지라도 맥락요인이 달라지면 다른 지식과 믿음을 활성화시킴으로써 결국 다른 정신모형을 형성한다고 볼 수 있다. 한편, 성나해와 최승언(2008)의 연구에서 가장 기본적인 수업의 교수자료인 교과서에서 제공하는 탐구활동으로는 학생들의 달의 위상 변화에 관한 개념을 지식 통합의 관점에서 개념 연결을 강화할 기회가 충분하게 제공되어 있지 않다고 보고 있다. 그래서 이미애와 최승언(2008)의 연구에서도 교과서에 제시된 달의 위상 변화에 대한 기능적 구체 모형이 학생들의 정신 모형 형성에 미칠 수 있는 영향을 고려하여 보완 모형을 제시하고 있다. 특히, 기능적 구체 모형은 대상의 확실한 기능적인 관계를 나타내기 위해 실제 크기나 거리에 대한 정밀성이 비교적 덜 강조되어 나타난 표현 모형이기 때문에 학생들에게 많은 오개념을 포함한 정신 모형을 형성하게 하는 원인을 제공할 수도 있다(Gibert & Ireton, 2003).

한편, 교실이나 학교 밖에서의 환경적 요인이 정신 모형 형성에 영향을 주는 경우도 있다. McLeod와 Kilpatrick(2001)은 과학관에서의 학습은 학생들에게 과학에 더 큰 흥미를 갖게 되는 기회가 된다고 하였다. 자발적인 박물관의 방문은 무언가를 배우기 위한 목표를 갖고 이루어지기 때문에 방문자의 요구와 흥미를 충분히 이끌어 낼 수 있다(Rennie et al, 2003). 그러므로 과학관과 같은 학교 밖 교육은 학교 교육이 그 물리적 환경과 통제적인 분위기로 인하여 자연스럽게 실제 문제 상황을 유도하기 충분하지 않은 점을 보완할 수 있는 큰 장점을 갖는다(이선경 등, 2004). 또한 김말진과 심숙이(2011)의 연구에 따르면, 여학생들의 이공계 분야의 진출을 돕기 위해 여학생 친화 과학교육 프로그램의

개발을 위한 연구 목적으로 공상과학영화매체를 이용해본 결과 남학생보다 여학생의 과학적인 관심과 흥미 유발의 효과가 상대적으로 크게 나타났다. 이와 같은 교실 밖 환경 요인은 정신 모형 형성에 있어서 교실 내에서 유발하기 힘든 흥미와 같은 정의적 요인에 영향을 미친다. 한편, 오현석과 김찬중(2010)의 연구에서는 학교 학습뿐만 아니라 과학관에서의 공룡 전시물이나 다큐멘터리와 영화의 체험이 학생들의 지구 이미지로 표상된 사례들을 보여주고 있다.

## 제 2 절 모형과 학습

### 1. 표현된 모형과 그리기 표상

학생이 지니고 있는 정신 모형인 초기 모형과 중간 모형 그리고 형성 모형뿐만 아니라 교사가 지니고 있는 교사 모형도 여러 가지 방법을 통하여 표현될 수 있다. 표현된 모형의 분류는 <표 2>와 같이 한다(Gilbert & Ireton, 2003).

| 내 용              |            |  |
|------------------|------------|--|
| 구<br>체<br>모<br>형 | 척도 모형      | 대상의 형태적 특징만을 나타내고 실물 크기나 확대 혹은 축소하여 비율로 외형을 표현한 모형                               |
|                  | 기능적 구체 모형  | 대상들의 크기 비율은 무시하더라도 기능적 관계를 특징적으로 나타내는 모형   |
|                  | 도형(도표) 모형  | 도표, 흐름도, 청사진, 개념도, 등고선도, 등압선도와 같이 대상의 외형적 모습보다는 변수들 간의 관계를 표현한 모형                |
|                  | 수치 모형      | 대상들의 양적 수치와 수학적 관계 그리고 공식과 함수 등을 숫자나 공식 관계로 표현하는 모형                              |
|                  | 컴퓨터 모형     | 수치모형을 기반으로 수치 자료를 만들어내 시각적 형태로 재현할 수 있는 시뮬레이션 모형                                 |
| 함<br>축<br>모<br>형 | 언어적 이론 모형  | 관찰한 것에 대한 설명을 구성하는 언어적 모형으로 자료에 근거를 둬, 한편, 관찰 한 것에 대한 추론적·인과적 설명을 제안하는 것은 추론적 모형 |
|                  | 유사, 유추, 비유 | 모형과 대상을 연결함에 있어서 과학적 묘사와 발견에서 함축된 생각을 보다 구체화하는데 중요한 역할을 하는 언어적 모형                |

<표 2> 표현된 모형의 분류

구체 모형은 우리에게 가장 친숙한 모형으로 상대적으로 쉽게 이해할 수 있는 실속 있는 물질 모형이다. 구체 모형은 공학과 과학 그리고 과학 교육에서 널리 쓰이며 보편적으로 대상들의 겉모습을 나타내거나 대상들 간의 기능 관계를 나타낸다. 한편, 함축 모형은 실제의 대상과 대상의 특성 그리고 관계를 나타내기 위하여 문자를 사용하는 언어적 모형이다. 함축 모형은 의미를 지니도록 대상과 연결되어야 한다. 대상과 함축모형을 연결할 때 흔히 많이 사용하는 방법이 유사와 유추 그리고 비유이다. 물론 구체 모형에도 근본적으로 유추를 통하여 현실과 모형을 연결하는 것이다. 여기서 방법 상 말하는 유추는 특정한 언어적 표현을 의미하는 것으로 한정한다(Gilbert & Ireton, 2003). 언어적 모형인 함축모형은 과학과 과학교육에서 널리 사용되기는 하지만 학생들에게 오개념을 유발하는 대표적인 원인이 되기도 한다.

일반적인 표현된 모형의 특징을 정리하면 다음과 같다. 모든 모형은 사람에게 의하여 구성되었기에 인위적이다. 모형은 특정한 목적으로 사용되기 위하여 구성되었기에 실용적이다. 모형은 대상체의 특징 중 특정한 목적에 맞게 단순화하였기에 간략하다. 모든 모형은 자체의 항목으로 해석되어서 이해되기 때문에 해석적이다. 모형은 결코 대상을 완전히 표현할 필요가 없기 때문에 일면으로서는 불완전하다.

표현된 모형은 교사가 수업 중 학생들을 형성 모형으로 이끌기 위해 사용하는 수업 전략에도 관여하지만, 학생들이 자신의 초기 모형을 표현하는데도 사용된다. 따라서 학생들이 초기 모형을 탐색하는 것에도 표현된 모형의 분류는 중요한 의미를 지니게 된다. 그러면 학생들의 초기 모형 탐색을 위한 표현된 모형의 유도는 크게 구체 모형을 표현하게 하는 방법과 함축 모형을 표현하게 하는 방법이 있을 것이다. 구체 모형을 표현하는 방법에는 대표적으로 그리기(drawing)가 있고 함축 모형을 표현하는 방법에는 문제 해결 상황에서의 서술과 면담을 통한 구두 진술이 있다. 그리고 그리기로는 심상 표상만 가능하여 구체 모형의 한계인 대상의 내용과 관계를 함축하기 어려운 점을 보완하는 개념 그리기(concept sketch)가 있다. 관련된 선행 연구를 살펴보면 다음과 같다.

시각적 심상에 관한 기존의 연구는 정보처리 이론에서 시작되었다. 새로운 정보가 투입되고 저장되며 기억으로부터 인출되는 방식을 연구하여 학습자의 내부에서 학습이 발생하는 기제를 설명하려는 이론이 정보처리 이론이다

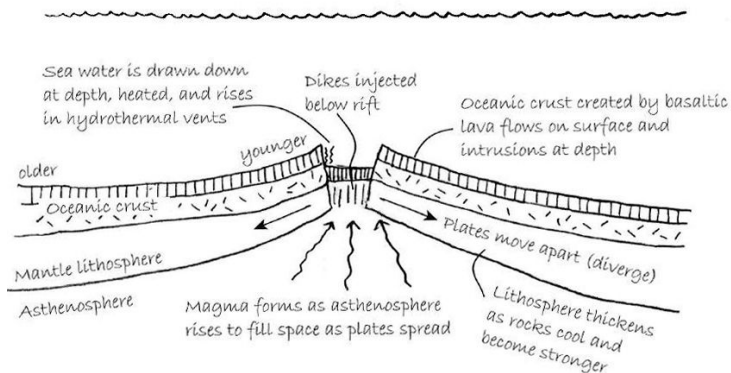
(Bower, 1975). 정보처리 이론이 학습에서 시사하는 것 중 중요한 것은 조직자(organizer)를 적극 활용하는 것이다. 학생들의 학습을 증진시키기 위한 교수전략으로 학습 자료들 상호간에 연결하는데 조직자를 사용한다. 특히, 그래픽 조직자의 사용에 대한 이론적 근거들은 부호와 원리, 도식이론, 교과구조와 관련이 있으며 지식과 정보를 비언어적인 형태로 표현하는 유력한 방법이 시각적 자극인 그래픽조직자를 활용하는 것이 대표적이다(신지영 외, 2008). 또한 Mayer(2001)의 멀티미디어 학습의 인지이론(cognitive theory of multimedia learning)에 따르면, 학습 환경에서 인지 양식인 외적 표상은 청각을 통해 들어온 언어와 시각을 통해 들어온 애니메이션을 포함하며 학생들에게 제시된 글과 그림에 대해 개인마다 다른 독특한 방식으로 지각, 기억, 사고하는 등의 인지활동을 수행할 때 멀티미디어 학습이 일어난다고 하였다(Mayer & Moreno, 2003). 개인마다 사물을 지각하고 인지하는 방식이 다르며, 개인이 선호하는 인지양식은 학습 자료의 제시 유형이나 자료 구조와 상호 작용하여 학습에 영향을 미친다. 또한 학습자들은 자신의 정보처리 양식에 부합되는 자료를 더 매력적인 것으로 보고, 그것을 선택하기를 선호하는 경향이 있다(Riding & Watts, 1997). 즉, 학생들은 자신이 습관적으로 사용하지 않는 다른 양식으로 정보가 제시된다면, 자신이 선호하는 인지양식에 부합되게 정보를 재조직할 것이다. 외적 표상을 언어로 표현하기를 선호하는 학생들은 그림 정보를 단어나 의미표상으로 변화할 것이며, 시각적 심상인 그림으로 표현하기를 선호하는 학생들은 의미 정보를 심상으로 변환시킬 가능성이 있다(Sweller, 1989). 따라서 이와 같은 정보처리 이론으로부터 시작하여 그림과 같은 시각적 자극이 인지에 미치는 영향과 실제 학생들의 그림분석을 통한 학생들의 정신적 표상과 인지와의 관계를 탐색하고자 하는 많은 연구들이 여러 분야에서 수행되어 왔다(강경원, 2000)

지구과학교육에서도 최근에 그림분석을 통하여 정신모형을 탐색하는 연구가 많이 진행되어 왔다. 정구송(2007)은 지구 내부에 대한 고등학생들의 정신모형을 탐색하는데 그림분석을 이용하였다. 달 크레이터 생성에 대한 대학생들의 정신모형을 분석한 이호 외(2007)의 연구에서도 그림분석을 사용하였다. 이러한 연구들은 시각적 심상인 그림분석뿐만 아니라 연구 참여자들과의 설문, 그림에 대한 서술, 면담과 같은 언어적 요소를 분석하여 이를 바탕으로

과학 개념이나 개념의 변화에 관계된 정신모형이나 표상을 탐색해왔다.

한편, 그리기에 나타난 학생들의 내적 심상에 초점을 두고 구성주의 관점에서 해석학적으로 분석한 Shepardson(2005)의 연구나 인지심리학에 기반을 두고 인식론적으로 분석한 환경 분야의 연구들(김명균과 정철, 2007; Alerby, 2000)은 상대적으로 구체 모형으로 그리기로 표상된 심상에 초점을 두었다고 볼 수 있다. 따라서 설문이나 면담 등의 언어적 요소로는 측정할 수 없는 학생들의 내적이며 시각적인 심상을 확인하기 위해서 해석학적이면서 인식론적 관점의 그림분석 방법을 지구과학 분야의 연구에 적용한 사례로는 최근의 지구계 관련 연구인 오현석 외(2009)와 김제홍(2009)과 같이 ‘행성 리모델링’ 그림분석을 통해 중학생의 인지 특성을 탐색한 선행 연구가 있으며, 중학생들의 지구 이미지를 통하여 인지 특성을 탐색한 오현석과 김찬중(2010)의 연구도 선행되었다. 선행 연구들이 탐색한 인지 특성은 사실상 학생들의 인지 구조 속에 투영되어 있는 심상의 내용 특성을 살펴 본 것이라고 볼 수 있다.

그리기의 표상이 구체 모형으로의 표현됨의 한계에 벗어나기 위하여 그리기에 개념을 포함하도록 하고 의미가 부여된 단어와 서술 표현을 첨가하는 <그림 2>와 같은 개념 그리기방법이 있다(Johnson & Reynolds, 2005).



<그림 2> 개념 그리기 예시

Johnson과 Reynolds(2005)은 판구조론을 설명하는 지질학 수업에서 개념그리기를 학습과 교수 그리고 평가에까지 적용하는 연구를 수행하였다. 그 결과 수업 도구로 사용한 개념 그리기가 학생들이 판구조론에 대한 시스템적 이해를



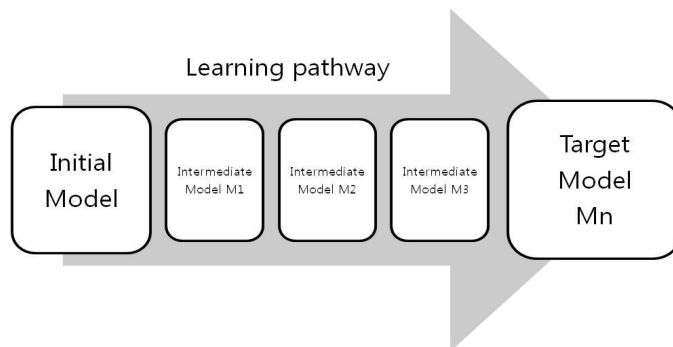
증진시켰으며 이를 개념 그리기를 통하여 확인할 수 있다고 하였다. 이 밖에도 지구과학 분야 중에서 지구 내부 구조와 판구조론과 관련된 개념을 개념 그리기를 통하여 연구 참여자들의 정신 모형을 탐색하는 많은 연구들이 수행되어 왔다(Gobert, 2005; Libarkin, 2006; Libarkin et al., 2005).

## 2. 모형 기반 학습

학생들의 정신 모형을 기반으로 교사와 학생사이에 상호작용을 통하여 학습이 일어나는 학습 모형을 모형 기반 학습이라고 한다. 이 연구에서는 학생들의 정신 모형을 시간과 학습 과정의 시퀀스에 따라 초기 모형(initial model)과 목표 모형(target model)로 크게 두 가지로 구분하여 정의한다. 초기 모형은 수업 이전에 관련 개념에 대하여 학생이 지니고 있는 개념들의 정신모형을 의미한다. 이 초기 모형은 학생의 인지적 요인과 정의적 요인 그리고 환경적 요인의 영향을 모두 고려해야 살펴 볼 수 가 있다. 한편, 목표 모형은 수업의 영향으로 교사가 학생들이 도달하기를 희망하는 정신모형으로 모형 기반 학습을 성공적으로 수행하였을 때 형성되는 정신 모형을 의미한다. 모형이 형성되는 과정에서 학생들의 인지적 요인과 정의적 요인 그리고 환경적 요인을 효과적으로 교수 전략에 반영하여야한다. 따라서 목표 모형은 교사들이 지니고 있는 교사 모형(teacher model)과는 다른 개념이다. 과학 교사는 과학에 대한 교과 내용 지식뿐만 아니라 교수적 내용 지식, 그리고 교육과정 지식 등도 지니고 있다. 아무리 뛰어난 교과 내용 지식을 지닌 교사라 하더라도 그 분야에서 내용상 지식적 측면에서 전문가인 과학자가 지닌 개념 수준을 뛰어넘을 수는 없을 것이다. 따라서 과학자들이 가지고 있는 모형을 과학 모형이라고 하였을 때, 교사들이 지니고 있는 교과 관련 모형을 교사 모형이라고 한다. 여기서 교사들은 수업을 통하여 학생들이 자신이 가지고 있는 교사 모형을 학생들이 도달해야 하는 목표 모형으로 삼는 것은 무리가 있다. 일반적으로 모형 기반 학습에서 교사가 학생들이 도달하기를 희망하는 모형을 목표 모형이라고 한다(Clement, 2000).

여기서 학생들의 초기 모형에서 한 번에 목표 모형으로 모형의 진화(model evolution)가 발생하는 것은 아니다. 마찬가지로 아무리 훌륭한 교수 전략을 세웠어도 절대 초기 모형에서 바로 형성 모형에 도달하는 것은 아니다. 학생들의

초기 모형을 정신 모형 관점에서 파악한 뒤 적절한 중간 모형(intermediate model)을 학습과정에서 단계적으로 제공해야한다. 여기서 중간 모형은 새로운 용어나 정신모형의 도입이 아니라, 학생들의 인지적 특성과 최종 목표 모형을 이루고 있는 정신 모형의 인지적 개념 구조를 고려하여 학생들의 능력으로 도달할 수 있도록 목표 모형을 세분화하여 제시되는 모형이다. 즉, 중간 모형은 단계적으로 제공되는 모형을 의미한다(Clement, 2000). 결국 중간 모형이란 각 단계의 목표 모형이라고 볼 수 있으며 중간 모형을 형성해가다 보면 목표 모형에 도달하게 될 것이다. 중간 모형을 거쳐 목표 모형으로 나아가면서 모형 진화가 일어나게 되며, 이것이 바로 학습이자 개념 변화가 되는 것이다. 이와 같은 초기 모형에서 목표 모형으로의 모형진화 과정을 학습 경로라고 한다(Rea-Ramirez, 1998). 이를 도식화하여 나타내면 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 학습 경로

### 3. 모형 기반 학습의 수업 전략

과학 교실 수업에서 학생들의 미래지향적 모형을 형성하기 위해서는 확장된 교수법과 교수전략을 발전시킬 필요가 있다. 이러한 노력은 여러 선행 연구자들에 의하여 수행되어 왔다. Clement와 Steinberg(2002)와 Rea-Ramirez(1998)들은 교사와 소그룹 학생집단 간의 수업 전략을 연구하였다. Rea-Ramirez의 경우는 ‘호흡 기관’에 관한 생물 수업에서 많은 수의 “소순환(mini-cycles)” 모형을 구성하여 교사와 학생들 사이의 기대하지도 계획하지도 않은 상호작용을

일으키는 다중 전략에 의해 상호작용이 발생하고 있음을 발견할 수 있었다. 소순환 모형을 적용한 학생들이 각자의 초기 모형으로 돌아가는 것보다 훨씬 높은 비율로 학생들이 자신의 모형을 변화시켰다. 이 변화 비율은 연구자가 기대했던 것 이상의 수치였다(Re-Ramirez, 1998). 이처럼 소그룹 모형을 대상으로 모형 기반 학습의 영향과 그 효과를 살펴본 연구자들은 학급 전체 수업에도 모형 기반 학습을 적용하기 시작하였다. Nunez-Oviedo(2003)은 Re-Ramirez와 동일한 ‘호흡 기관’에 관한 모형 기반 수업을 Ramirez의 개인별 소순환에 기반을 두고 학급 전체의 대그룹과 논의하는 마이크로 순환(micro cycles)을 고안하여 전체 학급으로 확대 적용하였다. 마이크로 순환은 교사와 학생이 상호작용하는 작은 패턴으로 일반화, 평가, 수정의 순환이 2개 혹은 그 이상으로 구성되어 있다. 이처럼 모형 기반 학습의 내용과 형태는 다르게 구성되고 적용되더라도 모형의 진화적 발달에서 교사와 학생간의 상호작용이 중요한 역할을 하는 것이고, 결국 학생의 정신 모형은 교사와 학생이 함께 만들어 가는 것이다.

이러한 원리는 초기 모형에도 그대로 적용된다. Johnson-Laird(1983)은 정신 모형이라는 것은 특정 시간에 특정 상황에 대한 정지된 관점인 이미지와 달리 영화 혹은 비디오에서 상영되어지는 사건들을 보는 것과 같은 방식으로 마음속에 떠오르는 것으로 본다고 하였다(Franco et al., 1999). 이처럼 학생들의 초기 모형은 스냅 사진과 같이 정지되어 있는 것이 아니라 항상 진행 중인 동영상과 같은 것이다. 따라서 교사가 학생들의 초기 모형을 탐색하는 과정에서 상호작용을 일으켜 이미 학생의 초기 모형 형성에 관여하게 된다. 그러므로 학생과 교사가 함께 만들어가는 학생의 모형의 구성과정은 일반적으로 다음의 3과정을 거치게 된다. 모형의 표현과 구체화 그리고 평가이다.

첫째, 모형의 표현이라 함은 학생들의 오개념을 다양한 조사 방법을 이용하여 탐색하는 것을 의미한다. 이러한 학생들의 오개념이 포함된 초기 모형은 기존의 지필평가 형이나 질문을 통한 진단 평가만으로는 탐색하는데 있어 한계가 들어난다. 학생들의 정신모형은 인지적 요소뿐만 아니라, 정의적 요인과 맥락적 요인의 영향을 모두 받기 때문에 열린 질문(open-end question), 그리기 표상과 심층 면담과 같은 보다 심층적인 탐색 방법을 사용하여야 한다.

둘째, 모형의 구체화라는 과정은 학생들이 스스로도 자신의 초기 모형을 정확히 표현하지 못할 뿐만 아니라 심지어 자신의 초기 모형을 인지하지 못하기

때문에 필요한 과정이다. 주어진 문제 해결 상황에서 초기 모형에 기반을 둔 상황 예측 활동을 한다거나 상황들 속에서 선개념들의 관계를 정립하고 그리기로 표상하는 활동으로 학생들은 자신의 초기 모형을 구체화하여 나타낼 수 있다. 또한 동시에 자신의 초기모형에 대하여 인지하게 된다. 이러한 모형의 구체화는 문제 해결 활동을 질문지나 탐색지로 제공하거나 메타 질문을 이용하여 촉진할 수 있다. 특히 그리기를 이용한 활동으로 더욱 구체화시킬 수 있도록 유도할 수 있다.

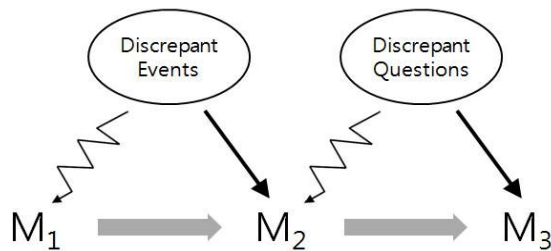
마지막으로, 모형의 평가는 다음 단계의 형성 모형으로 나아가는 혹은 도약하는 준비단계로 자신이 생각한 초기 모형 속에서 주어진 실측 혹은 관측 자료나 현상의 비교나 설명을 통하여 평가하는 것이다. 여기서 자신의 모형이 주어진 상황과 불일치하거나 불만족이 발생하게 되면 자신의 모형의 일부 요소를 수정하여 모형에 변화가 발생하는 것이다.

모형의 구성 단계는 초기 모형에서 발달한 중간 모형에서 다음 모형으로 변화해가기 위하여 끊임없이 이어지게 된다. 따라서 모형 기반 학습에서 학생들의 모형 구성에 도움을 주기 위해 사용되는 교수법의 원칙은 초기 모형을 학생들이 인지하게 하는 것이다. 특히 자신의 초기 모형을 확인하는 방법에 그리기와 같은 시각적 이미지로의 표상을 포함해야 한다고 한다(Khan, 2008). 교사는 오개념이 포함된 학생들의 초기 모형을 모형 진화의 출발점으로 삼아야 한다. 즉, 모형 기반 학습의 수업 전략의 핵심은 학생들의 초기 모형을 교사와 학생이 모두 인지해 내는 것이고 방법으로 이미지 표상을 포함하는 것이다.

학생들의 모형은 교사와 학생의 수업 상황 속에서 연속적으로 진화하게 되고 그 바탕에는 전 단계의 모형에 대한 교정을 수반한다. 학생들의 설명은 수업 처치 중에 지속적으로 성장한다. 점차 수업 중 교사가 목표로 하는 목표 모형까지 진행해가는 중간 모형들의 연속성을 형성해가는 과정에서 학생들은 개념의 변화가 발생한다. 학생들은 전 단계 모형에서 발달한 지식을 기반으로 다음 단계 모형을 만들어 낼 수 있다(Steinberg & Clement, 1997, 2001; Clement, 2000).

이러한 모형의 진화에는 불일치 질문(Discrepant Question)과 모순 사건(Discrepant Event)이 수업 전략에서 아주 중요한 역할을 수행한다. 학생들이 자신이 현재에 가지고 있는 자신의 모형에 대하여 교정 혹은 수정을 가할 수 있는 원동력을 제공하는데 가장 흔하게 사용하는 방법이 바로 불일치 질문이거

나 모순 사건이다. 불일치 질문과 모순 사건은 학생들의 기존 모형과 내적 불일치를 유발하게 되고 학생들은 내적 갈등을 겪게 된다(Clement, 2008; Rea-Ramirez et al, 2002). 따라서 다음 중간 모형을 향하여 적절하게 제시된 불일치 질문과 모순 사건은 학생들의 기존 모형에 교정 혹은 수정을 일으키게 하여 목표로 하는 다음 단계의 중간 모형을 형성할 수 있도록 한다. 이러한 불일치 관계를 <그림 4>와 같이 일반적으로 지그재그 선을 이용하여 표현한다.



<그림 4> 불일치 관계

#### 4. 시각적 이미지와 멀티미디어 학습의 인지이론

인지심리학 연구에 의하면 학습 혹은 문제풀이는 눈 혹은 귀 등 인간의 감각 기관을 통해 외부로부터 오는 자극을 선택적으로 받아들여 작업 기억(working memory)과 장기 기억(long-term memory)을 통해 정보가 처리되며, 이 과정은 정신모형 형성과정으로 설명된다(Jonson-Laird, 1983). 왜냐하면 사람들이 현상, 사건 또는 대화의 내용에 관한 사고활동을 전개할 때 작업 기억 내 두 유형의 정보 즉, 의미론적(semantic)표상과 시각적 표상을 체계적으로 통합하여 현재의 현상을 인식하는 내적 표상이 정신모형이기 때문이다(Johnson-Laird, 1983). 정신모형이란 학습상황에서의 외부 정보(예를 들어, 문제)와 장기기억 속에 저장되어 있는 지식과 믿음 사이의 상호작용 결과로서 작업 기억 속에 형성된 역동적인 표상이다. 따라서 멀티미디어 학습이 정신 모형 형성에 매우 유의미한 학습으로 고려될 수 있으며, 특히 그림과 같은 시각적 이미지는 지구과학과 같은 과학 교육에서 매우 중요한 의미를 지니고 있다고 볼 수 있다.

그림은 심상의 시각적 표현이다. 이 ‘심상’의 개념을 이해하기 위하여 심리학적인 개념인 지각(perception)과 인지(cognition)를 우선 정의할 필요가 있다. 지각이란 감각기관을 통해 들어온 외부로부터의 자극(information, code or signal)을 식별하는 것이다. 지각은 객관적 실체에 대한 주관적 이해의 과정이다. 따라서 사람에 따라 동일한 대상을 다르게 감지할 수 있다는 것을 의미한다(오현석 외, 2009). 인지는 지각활동의 결과로 형성된 지식, 정보, 이미지, 도식(schema), 태도, 가치관 등을 포괄한다. 인간은 자신을 둘러싼 외부환경이나 사물을 지각할 때도 인지적, 정의적 그리고 맥락적 특성에 따라 주어진 상황이나 정보에 대해 지각, 기억, 사고하는 등의 인지 활동을 수행한다(조영남, 1991; 오현석 외, 2009). 이러한 인지들은 독립적으로 두뇌 속에 존재하는 것이 아니라 상호 관련을 맺어 정신 모형이라는 인지구조를 형성하고 있다.

인지구조와 지각은 상호보완적인 작용을 한다. 즉 지각활동에 의해 인지구조가 형성되고, 이 형성된 인지구조에 의해 유사한 대상이나 사건에 대해 유사한 지각을 하는 것이다. 인지의 발달이란 끊임없는 지각활동을 통해 인지구조의 변화가 일어나는 것으로 바람직한 방향의 인지구조의 변화를 인지의 발달 혹은 지적 능력의 발달이라고 한다. 달리 표현하면 인지의 발달이란 일정한 인지구조에서 출발하여 이보다 안정된 인지구조로 변화하는 것이다(최경숙, 1991). 인간은 외부세계를 지각함으로써 대상에 대한 인지구조를 형성하고 그것을 여러 가지 수단에 의해 표현한다. 그 중 하나의 표현행위가 그림을 그리는 것이다. 따라서 그림표현의 양식을 통하여 이미지를 포함하는 인지구조를 이해할 수 있을 뿐만 아니라, 학생들이 이러한 인지구조를 가지고 어떠한 지각을 하는가를 직접적으로 파악할 수 있다(강경원, 2000).

따라서, 모형 기반 학습에서도 학생들의 초기 모형과 형성 모형을 탐색하는 데 그리기는 중요한 방법 중 하나이다. 학생들이 자신의 모형을 표현하고 모형을 구체화하며, 최종적으로 자신의 모형을 평가하는데 있어서도 그리기는 중요한 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 특히, 직접적인 사물 관찰 보다는 다양한 모형과 멀티미디어 자료를 사용 할 수밖에 없는 지구과학 분야에서의 그리기와 시각적 이미지는 학생들의 모형 탐색뿐만 아니라 모형의 형성과정에서 아주 중요한 역할 수행한다고 볼 수 있다.

시각적 이미지의 중요성은 과학교육에서도 강조되어 왔다. Hoban(1937)은

교육의 목적은 지적 경험을 일반화시키는데 있으며 이를 위해서 교재의 시각화가 필요하다고 주장하였다. 시각화된 교재는 생생한 경험을 제공하며, 학습내용을 명확히 재생하여 추상적인 개념의 이해를 돕고 복잡한 자료를 단순화 시켜 준다. 또한 시각적 이미지는 학습을 촉진시키는 전략으로 사용될 수 있으며 창의성을 증진시키는데 기여한다.

시각적 이미지의 중요성을 다루는 연구의 기초는 정보처리이론에서 시작한다. 학습자의 내부에서 학습이 발생하는 기제를 설명하려는 이론이 정보처리이론이다(Brower, 1975). 교육적으로 적용 가능한 정보처리이론의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 학습에 대한 주의력을 유지해야 한다. 주의를 장기기억의 정보에 영향을 받기 때문에 새로운 정보를 제시하면서 이와 관련된 학습자의 사전 지식과 경험을 활성화시켜야 한다. 둘째, 핵심개념 중심의 학습이 이루어져야 한다. 단기기억은 짧은 지속성과 제한된 용량을 가지므로 학생들이 사고하고 처리할 수 있는 정보의 양은 매우 제한적이다. 따라서 핵심 개념 위주로 수업을 진행하고 다양한 경험을 통해 학습을 강화해야 한다. 셋째, 정교화 과정을 충분히 활용한다. 정교화는 학습 자료들 상호간에 연결을 형성하는 과정이다. 정교화의 방법으로는 학습 자료에 대해 시각적 혹은 청각적 심상을 형성시켜 머릿속에 그려 보는 것, 학습 자료들 간의 의미적인 관계를 밝히는 것, 내용의 조직이나 범주를 분석하고 상하좌우의 위계로 조직화해 보는 것, 유추해 보는 것, 구체적인 예를 찾아보는 것 등이 있다. 넷째, 조직자를 적극 활용한다. 지식과 정보를 비언어적인 형태로 표현하는 유력한 방법이 조직자를 활용하는 것이며, 그 중 그래픽조직자가 대표적이다(권낙원과 김동엽, 2007).

Mayer(2003)는 ‘멀티미디어 학습의 인지이론’을 제안하였다. 학습 환경에서 외적 표상은 청각을 통해 들어온 언어와 시각을 통해 들어온 애니메이션을 포함한다. 학습자는 더 심화하기 위하여 청각과 시각의 관련된 면을 선택해야 하며, 소리는 언어적 모형으로 이미지는 시각적 모형으로 바꾸어야 한다. 이 이론에서 학생들이 그들에게 제시된 글과 그림으로부터 정신적 표상을 형성할 때 멀티미디어 학습이 일어난다고 주장한다. 관련 연구들에 의하면, 일반적으로 하나의 제시 양식을 사용하는 것보다는 여러 개의 제시 양식을 사용하여 정보를 제시하는 것이 학습을 촉진시킨다고 한다(김성일, 1997).

## 제 3 장 연구 방법

### 제 1 절 질적 연구 방법

본 연구의 목적은 교육대학교 학생들이 지니고 있는 달의 위상과 일주운동에 관한 초기 모형과 초등학교 예비교사로서 갖추어야 할 지구과학 교과 관련 내용 지식과 교수적 내용 지식을 함양할 강의를 모형 기반 수업 전략으로 구성하여 제공한 뒤 예비교사들의 목표 모형을 형성해 가는 과정을 살펴보기 위함이다. 통합적 정신 모형으로서 지구과학의 개념들에 대한 초등 예비 교사들의 초기 모형의 형성 과정에는 과학과 지구과학에 대한 인식, 지구에 대한 심상, 성장 환경과 배경, 개인의 관심사 그리고 학교 교육 등의 다양한 인지적, 정의적 그리고 환경적 요인의 상호작용에 의해서 계속적으로 재구성되고, 재해석되어지는 복잡한 과정을 겪게 된다. 이렇게 형성된 초기 정신 모형은 단순한 탐색지에 의하여 유형이 분류된다 하더라도 정신 모형을 형성하는데 영향을 준 요소와 형성 배경이 개인마다 다를 것이고 그에 따른 모형 기반 수업 전략을 정교하게 구성하기도 어렵다. 따라서 일반적인 경향성과 확률의 논리에 근거한 실증주의적 인식론에 바탕을 둔 양적 연구 보다는, 단순화와 한계설정을 최소화 하고 현상의 복잡성을 최대한 있는 그대로 파악하려는 현상학적 인식론에 근거한 질적 연구 방법이 본 연구 주제에 적합하다.

질적 연구 방법에서 중요하게 고려하는 요인 중 하나가 연구자의 이론적 민감성이다. 연구자의 이론적 민감성은 연구자의 개인적 자질로 자료에 의미를 부여하고 이해할 수 있는 능력을 말하는 것으로 전문적 또는 개인적 경험과 학문적인 문헌에 바탕을 두어 길러질 수 있는 자질이다. 본 연구자는 2008년 2학기에 질적 연구방법에 관한 대학원 과정을 이수하면서 질적 연구에 대한 이해를 도모하게 되었다. 한편 본 연구자는 사범대 지구과학교육과를 졸업하고 약 10년 동안 중고등학교에서 과학 교사로 근무하였고, 연구가 진행되던 당시 동대학원 박사과정을 수료하고 A 교육대학교에서 2년째 ‘초등과학교육(1)’이라는 2학년 필수 강좌를 초등학교 예비교사들에게 강의해오고 있었다. 특히, 연구 참여자들과는 연구가 진행되는 동안 주당 1시간씩 14주에 걸쳐 수업 중에 연구



참여자와 교수와 학생으로 만날 수 있었다. 한 학기라는 비교적 짧은 시간동안 이들의 지구과학 정신 모형을 탐색하고 이를 기반으로 한 모형 기반 수업 전략으로 강의를 한 후, 다시 형성된 모형을 이미지를 이용하여 탐색하기가 쉬운 일이 아닐 수 있다. 무엇보다 질적 연구의 특성 상 연구 참여자와 연구자 사이에 많은 부분에서 생각을 공유할 수 있는 교류가 있어야 하는데, 이러한 일주일에 한 번의 만남이 충분하다고 볼 수는 없지만, 연구자가 연구 참여자들을 관찰자 입장에서만 본 것이 아니라, 모형 기반 수업 자체가 연구 참여자들의 초기 모형을 파악하여 그것을 출발점으로 삼아 강의를 시작하게 되므로 강의 중에 교수로서 연구 참여자들과 상호작용을 통하여 최대한 공유부분을 넓히고자 노력하였다.

## 제 2 절 연구 참여자

연구 참여자를 선정함에 있어 연구 초기에는 모든 가능성을 열어 놓고 최대한 다양하고 관련된 사례를 총체적으로 이해하고자 개방적인 표본 추출을 시도하였다. 첫 강의에서 14주간 14시간에 걸쳐 진행될 강의의 개요를 설명하는 과정에서 모형 기반 학습을 소개하고 전체 수업을 모형 기반 학습으로 진행할 것을 안내하였다. 이때 모형 기반이라고 하는 것의 시작점이 가장 불완전하고 오개념이 많이 포함된 초기 모형으로 부터이기 때문에 강의를 위해 지구과학 교과에 자신이 없으면서 열심히 수강할 생각이 있으며 자신이 가지고 있는 초기 모형을 보여 줄 지원자(volunteer)를 모집하였다.

지원자로는 전체 4개 강좌 110명의 수강생 중 10%인 11명이 자발적으로 참여하였다. 반별로는 체육과 3명, 미술 A반 2명, 미술 B반 3명, 그리고 음악 B반 3명이다. 지원자 중 교육대학교 학생들의 성비 구성 특성이 반영된 듯, 9명이 여학생이고 2명만이 남학생이다. 고등학교를 졸업하고 바로 교대에 진학한 지원자가 6명이며 재수 혹은 타 대학 재학 등의 사회경험을 가지고 있는 지원자가 5명이었다. 출신 지역은 다양하였다.

체육과 지원자 3명의 경우 면담 장소로 학생 식당을 이용하다보니 녹취 자료에 주변 소음이 많이 포함되어 자료의 전사가 원활하지 못하고 이중 2명은 고

등학교를 졸업한지 5년 이상이 되어 초기 모형의 개념 형성에 영향을 준 요소들을 기억하지 못하기에 최종 연구 대상에서 제외하였다. 추가로 연구를 진행하는 도중 이과 출신으로 대체적으로 초기 모형이 양호했던 1명과 수업에 충실하지 못해 모형 기반 학습을 통하여 변화하는 모형의 관찰과 면담이 불가능하였던 1명을 추가로 제외하였다. 따라서 최종 연구 참여자는 6명으로 인적 사항은 <표 3>과 같다. 모두 문과 출신의 여학생으로 가명을 사용하였다.

| No | 성명  | 성별 | 나이 | 지역     |        |               |               |
|----|-----|----|----|--------|--------|---------------|---------------|
|    |     |    |    | 출생     | 초      | 중             | 고             |
| 1  | 오로라 | 녀  | 21 | 인천     | 경기(광주) | 경기(광주)        | 경기(안성)        |
| 2  | 이원리 | 녀  | 20 | 경기(안산) | 인천     | 인천            | 인천            |
| 3  | 강초록 | 녀  | 21 | 강원(삼척) | 강원(삼척) | 강원(삼척)        | 강원(삼척)        |
| 4  | 한차이 | 녀  | 22 | 인천     | 서울/중국  | 서울(동대문)       | 서울/중국         |
| 5  | 전수경 | 녀  | 22 | 경기(수원) | 경기(수원) | 경기(수원)/서울(강남) | 서울(강남)/경기(수원) |
| 6  | 신영화 | 녀  | 20 | 서울(종량) | 서울(종량) | 서울(종량)        | 서울(종량)        |

**<표 3> 연구 참여자와 출신 지역**

연구 참여자들 중 성장 과정에서 지역의 변화나 타 대학 재학과 같은 차별화된 환경 변인을 지닌 연구 참여자는 한차이와 전수경으로 간단히 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 한차이는 초등학교의 대부분을 중국에 있는 현지인 학교를 다녔으며 초등학교 5학년 때 귀국하여 고등학교 진학까지 한국에서 학교를 다녔다. 중국과 한국의 다른 학교시스템과 교사들의 교육방식에서 다소 혼란스러워 했는데, 중국 보다는 한국의 교육 시스템과 교육 방식에 실망하고 있다. 한차이는 고등학교 진학 후 고1 과정을 마친 후 다시 중국으로 건너가 1년 정도의 고등학교 생활을 하였다. 그 후 고3 때 귀국하여 대학 입시를 준비하게 된다.

한편, 전수경은 수원과 서울에서 여러 차례의 전학을 한 경우이다. 특히 중학교 2학년 때 서울로 전학을 오면서 특정 단원을 학교 수업을 받지 못하게 된다.

또한, 정서적으로 민감한 시기에 전학이 사회·문화적 관점에서 보았을 때, 선생님들과 학급 친구들과의 관계에서 감정적으로 원활하지 못한 걸림돌을 만들게 된다. 특히, 거리적으로는 얼마 되지는 않지만 수원 내에서의 전학을 했던 경험과 비교하여 볼 때, 서울의 강남구 내의 특정 지역 내의 사회·문화적 분위기에 다소 부정적인 생각을 지니게 된다. 그리고 교육대학교에 진학하기 전에 영어영문과로 수도권외의 모 대학교에서 한 학기를 이수하게 된다.

### 제 3 절 자료 수집

자료수집 기간은 2011학년도 3월부터 6월까지 약 4개월이다. 자료는 수집과 동시에 초기 분석이 이루어 졌으며, 자료의 충분함을 확보하기 위하여 더 이상 새로운 자료가 나오지 않을 때까지 다양한 자료를 수집하려고 노력하였다. 자료 수집 중 일부 설문지와 탐색지를 포함한 심층 면담은 연구 참여자들의 개인 일정에 따라 개별 면담을 매 강의 때마다 실시하였다. 또한, 인터넷과 무선 통신을 이용하여 필요시 마다 서로 연락을 주고받았다. 이를 바탕으로 연구자가 수집한 자료는 <표 4>와 같다.

| 자료      | 내용   |
|---------|--|
| 설문지     | 지구과학 정신 모형 형성에 영향을 준 사회·문화 배경 탐색<br>교대 진학과 학과 선택 배경, 교사상           |
| 모형      | 달의 위상 변화와 일주운동에 관한 초기 정신 모형  |
| 탐색지     | 달의 위상 변화와 일주운동 형성 정신 모형  |
| 지구 그리기  | ‘지구(The Earth)’하면 떠오르는 심상을 그리기로 표현                                 |
| DASTT-C | the Draw-A Science Teacher Test                                    |
| 산출물     | 제시된 세 가지 주제 중 개별적으로 두 가지를 택하여 과제 수행 후<br>보고서와 관련 학습 지도안 그리고 활동지 제출 |
| 기말 고사   | 서술형 문항   |
| 강의      | 강의 계획서, 강의 별 수업 PPT 자료, 강의 보조 자료 등<br>강의 음성 녹음과 수업 중 일부의 영상 녹화     |

<표 4> 수집 자료

수집한 자료의 형태는 크게 설문지, 탐색지, 산출물 그리고 강의로 나눌 수 있다. 탐색지는 연구 참여자들의 관련 심상을 조사하기 위한 것으로 그리기를 위주로 서술이 포함되었다. 탐색지는 다시 내용에 따라 모형 탐색지와 지구 그리기 활동지, DASTT-C 검사지로 구별 된다. 설문지와 탐색지는 작성 후 심층 면담을 하였고, 모든 면담은 녹음하였다. 모든 녹음자료는 전사하여 문서화 하였다.

모든 연구 자료는 학생들의 정신모형을 탐색하는데 있어서 인지적 요인과 정의적 요인 그리고 환경적 요인의 영향을 받아서 형성되기 때문에 이들 요소들을 해석해 낼 수 있도록 연구 목적에 맞게 다양한 형태의 자료 수집을 시도하였다. 자료 수집에 있어서의 특징을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 연구 참여자들은 3차례의 설문지를 면담시간에 작성하였는데, 강의 초(1강과 2강)에 2회와 강의 종료 후 1회를 실시하였다. 처음 작성한 설문지는 모형 기반 강의를 위한 연구 참여자들의 지구과학의 초기 개념 모형 형성에 영향을 미친 개개인의 사회·문화적 환경을 탐색할 목적이었다. 1차 설문지의 주요 내용은 다음과 같다. 고등학교에서의 계열과 수업을 들은 과학관련 과목 그리고 수능에서 선택한 과학 과목, 형식적 교육에서 이수 혹은 수강한 지구과학 내용이 포함된 교과나 강좌, 중·고등학생 때 가장 좋아했던 교과, 과학에 대한 인식, 과학 관련 경험(주변인, 과학 캠프 참여, 과학 관련 대회 등), 지구과학에 대한 인식 등이다. 과학과 지구과학에 대한 인식의 일부 문항만 리커트 척도를 사용하였고 나머지는 서술형으로 기술하게 하였다. 2차 설문지의 주요 내용은 교육대학교에 진학한 계기, 본인의 교사상, 초등학교 선생님이로 자신 있는 수업 교과와 자신 없는 수업 교과, 자신의 미래의 과학 교과와 지구과학 내용 수업 중에서 교사로서의 전문성 요소(지식, 기술, 신념 측면), 그리고 마지막으로 임용되고 싶은 지역(임용 시험을 볼 예상 지역) 등으로 구성하였다. 설문지를 작성 후, 연구자와 각 내용 기술에 대한 이유를 중심으로 심층 면담을 하였다.

둘째, 탐색지는 달의 위상 변화와 달의 일주 운동, 지표(암석권)의 형성, 대기 중의 물과 같이 각각 천문, 지질, 대기의 대표적인 주제 3개에 대하여 연구 참여자들의 모형을 탐색하고자 하였다. 그래서 강의 전에 초기 모형을 탐색하고 관련 주제 강의가 종료된 후, 1~2주의 지연 시간을 가진 뒤, 형성된 모형을 탐색하였다. 탐색지는 각 주제에 따라 그리기와 서술 그리고 선택형 문항으로 구

성하였다. 연구 참여자들이 탐색지를 작성한 후, 심층 면담을 통하여 탐색지에 표현된 모형에 대하여 자세히 탐색하였고, 탐색지에 나타나지 않는 부분에 대하여도 면담을 통하여 최대한 표상되도록 유도하였다. 따라서 자료들 중 초기 모형에 관한 것들은 연구 참여자들의 정신 모형이 표상된 것으로 그들의 초기 모형을 확인하는 중요한 자료이다. 한편, 형성 모형에 관한 탐색지와 심층 면담은 그 자체가 연구 참여자들의 형성 모형 표상의 일부이기도 하지만, 탐색지 기술과 면담 과정에서도 형성 모형이 수정되고 형성되는 과정에 영향을 주기도 한다.

셋째, 지구 그리기는 2강 강의 중에 시간을 할애하여 수강생 전원에게 A4크기의 활동지에 ‘지구(Earth)’를 주제로 연상되는 자신만의 심상(image)을 그리도록 하였다. 또한 그리기로 표현이 잘되지 않는 부분은 서술하도록 하였다. 이 그리기 활동을 마친 후 표현된 심상과 잠재된 심상을 확인하기 위하여 심층 면담을 하였다. 이 자료는 지구과학의 학문 대상인 지구에 대한 연구 참여자들의 심상을 분석하여 지구에 대한 이미지가 그들의 지구과학을 학습하는데 있어서 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그래서 이것은 연구 참여자들의 초기 모형의 형성에 영향을 주는 요소로 간주 할 수 있다.

넷째, DASTT-C는 Thomas외(2001)의 연구에서 처음으로 소개된 검사도구로 과학 교수에 대한 자기 이미지를 살펴보는 데 유용하게 쓰일 수 있다. DASTT-C는 초등 예비교사인 연구 참여자들에게 자신의 가상적인 과학수업 상황을 글과 그림으로 표현하도록 하는 방법이다. 이 검사는 연구 참여자들의 교수관을 교수-학습 행동의 특성이 반영된 이미지 형태로 추론해 낼 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 이러한 장점을 이용하여 초등 예비교사로서 연구 참여자들의 과학 교수에 대한 자기 이미지를 알아보기 위하여 총 3회에 걸쳐 DASTT-C 검사를 실시하였다. 첫 번째 검사는 강의에서의 자극을 받기 전의 이미지를 살펴보고자 1강 강의 중에 실시하였다. 두 번째 검사는 4월 중순에 있었던 1주일간의 참관 실습을 종료한 후에 실시하였다. 마지막으로 본 강좌의 강의를 모두 종료된 시점에서 한 학기 동안의 강의 경험과 연구에 참여한 경험 이 반영된 이미지를 탐색하고자 실시하였다. 매 검사를 마친 후에 연구 참여자들과 표현한 이미지에 대하여 비구조화된 심층 면담을 실시하였다. 이 자료들 중 1차 자료들은 과학교수에 대한 연구 참여자들의 자기 교수 이미지가 초기

모형 형성에 미치는 영향을 살펴 볼 수 있으며, 2차와 3차 자료들은 교생 참관 실습과 강의 등의 1학기 동안의 다양한 경험의 영향으로 변화한 과학 교수에 관한 자기 교수 이미지를 살펴보고자 하였다. 그래서 후자의 경우 형성 모형의 영향으로 인한 표상된 부분을 이용하여 역으로 형성 모형에 영향을 미친 부분을 탐색하고자 하였다.

다섯째, 산출물로는 기말과제와 기말고사가 있다. 먼저, 이 강좌를 시작하는 1강에서 전체 수강생들을 대상으로 기말과제를 부여하였다. 3개의 주제 중 각자 원하는 주제 2개를 택하여 과제를 행한 후 종강 후에 E-mail을 통하여 제출하도록 하였다. 첫 번째 주제는 관측으로, 여러 날에 걸쳐 달의 위상 변화를 동일한 시각(초저녁)에 동일한 방향에서 관측한 달의 위상을 관측하고 사진으로 촬영 후 보고서를 작성하는 것이었다. 보고서 양식으로 특정한 틀이 주어지지 않은 자유 표현이었고 분량에도 제한이 없었다. 두 번째 주제는 체험이다. 과학관을 방문하여 관람 후 보고서를 작성토록 하였다. 과학관 중에는 국립과천과학관을 추천해 주었고, 총 4회에 걸쳐서 연구자가 직접 도슨트(docent) 역할을 수행하였다. 마찬가지로, 보고서 양식에 제한을 두지 않았다. 마지막 주제는 영상물이다. 동일한 지구과학 내용의 주제를 다루고 있는 영화 1편과 다큐멘터리 1편을 시청하게 하였다. 이 주제 역시 보고서 양식에 제한을 두지는 않았지만, 개요만을 적어서 제출하지 않도록 하였다. 이와 같은 3개의 주제 중에서 원하는 주제 2개를 택하여 보고서를 제출하되, 보고서 내용 혹은 작성과정 중 새롭게 경험한 것을 바탕으로 실제 교사가 되어서 관련 내용의 수업에서 어떻게 활용할 것인지를 담은 수업 지도안을 포함하도록 하였다. 이러한 과제는 연구 참여자들이 각 과제를 수행하면서 관련된 심상을 표출할 수 있고, 지도안에서 그 심상을 다시 어떻게 교수할지를 엿볼 수 있었다. 기말고사는 서술형으로 연구 참여자들의 형성 모형이 표상될 수 있도록 출제하였다.

마지막으로, 모형 기반 수업을 추구하는 강의가 있다. 강의는 연구자가 교수자로 수행하였기 때문에, 모형 기반 학습을 위하여 기획한, 강의 계획서, 수업 중에 사용한 각종 자료가 있다. 또한, 강의 내용은 보이스레코더를 이용하여 매 강의 별로 녹음하였다. 자료 중 일부는 연구 참여자들이 개별 녹음 후, 전자 메일로 전송해준 것도 있다. 이 자료는 모형 기반 수업에 대한 정보를 제공해 준다.

## 제 4 절 자료 분석

모든 수집 자료의 분석은 심층 면담 자료의 전사본과 함께 질적인 분석을 실시하였다. 연구자 외에 관련 분야에 박사학위를 소지한 지구과학교육 전문가인 초등학교 교사와 교차하여 분석을 실시하였다. 그리기 자료의 해석에서 이견이 있는 부분은 공동으로 논의하여 일치하는 부분만을 분석하였다. 각각 자료 유형별 분석에 대하여 자세히 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 지구 그리기 활동 분석

지구 그리기 활동을 분석하는데 현상학적 관점에서 Alerby(2000)가 사용한 핵심 주제별 분석법을 사용하였다. 핵심 주제로는 다음 <표 5>와 같은 Mayer(1991)의 지구계 이해(Earth System understanding; ESU)를 분석틀로 사용하였다.

| ESU # | substance   |
|-------|---|
| 1     | Earth is unique, a planet of rare beauty and great value.   |
| 2     | Human activities, collective and individual, conscious and inadvertent, are seriously impacting planet Earth.         |
| 3     | The development of scientific thinking and technology increase our ability to understand and utilize Earth and space. |
| 4     | The Earth system is composed of the interacting subsystems of water, land, ice, air, and life                         |
| 5     | Planet Earth is more than four billion years old and its subsystems are continually evolving.                         |
| 6     | Earth is a small subsystem of a solar system within the vast and ancient universe.                                    |
| 7     | There are many people with careers that involve study of Earth's origin, processes, and evolution.                    |

<표 5> 지구계 이해 분류틀

지구계 이해(ESU)란 1990년 PLESE(Program for Leadership in Earth Systems Education) 기획위원회가 마련한 지구계 교육(Earth Systems Education; ESE)의 틀을 기반으로 구성된 7가지의 이해이다. 지구계 교육은 물리, 화학, 생물, 지구과학을 거시적 관점에서 지구계로 통합하려는 새로운 통합 교육과정이다. 전통적인 과학교육에서는 하위 항목으로 물리, 화학, 생물, 지구과학을 위치시킨 후 각각의 분야에서 교육과정이 구성되고 있는 반면, 지구계 교육은 자연 현상에 대한 전통적인 과학교육이 분과적이고 개별적 접근인 것과 달리 지구에 대한 계(system)적 접근을 취하여 통합적 관점을 추구한다(Johnson, 2006). 이러한 지구계 교육은 우리를 둘러싸고 있고, 우리의 생활기반이 되는 지구계에 대한 시민의 이해를 증진시키고, 지구의 가치를 인식시키기 위하여 고안되었다. 지구계 교육은 모든 과학 교과에 초점을 맞추며, 지구를 과학교육과정의 중심에 위치하게 한다. Mayer(1993)는 지구과학이 이질적인 과학자들의 물리적 집합이 아닌 지구를 중심으로 과학을 통합할 수 있는 중추적 역할을 담당할 수 있다고 주장했다. 지구계 교육에서는 지구에 대한 통합적인 이해를 바탕으로 학생들에게 과학적 지식을 습득하게 할 뿐 아니라, 지구의 아름다움에 대한 이해, 지구계 내의 하위계(subsystems)의 상호작용과 그 영향에 대한 이해, 지구의 소중함과 지구 환경에 대한 책임 의식 함양 등을 갖는 지구적 소양(Earth literacy)을 강조한다(이정아 외, 2007). 지구적 소양이란 지구계를 구성하는 여러 하위계들의 상호 작용의 과정과 그 영향에 대한 이해를 말한다. 지구적 소양을 지닌 사람은 정책적이거나 경제적인 선택을 해야 할 때 그것이 지구계와 그 하위계에 미치는 영향에 대해 먼저 고려하게 될 것이며, 그것은 지구의 미래에 중대한 영향을 미치게 된다. 지구계를 구성하는 기본 요소로서 수권, 암권, 빙권, 대기권, 생물권을 지칭한다. 지구계에서 일어나는 현상들은 하위계들 간의 상호 작용에 기인한 것이다(임은경 외, 2000).

지구적 소양을 내포한 지구계 교육의 프로그램들은 기존보다 다양한 활동과 시각적 정보의 사용을 장려한다. 특히 일곱 개의 지구계 이해 중 ESU #1은 문학, 음악, 미술과 관련된 지구의 심미적 가치를 강조하는 것이다. 이러한 점에서 지구계 교육으로 구성된 수업을 통하여 학생들은 자연스럽게 새로운 경험을 언어적 정보와 더불어 시각적 정보를 통하여 하게 된다. 그러면, 각자의 지각 활동의 결과로 지식, 정보, 이미지, 도식, 태도, 가치관 등을 포괄하는 인지를 두뇌



구조 속에 형성하게 된다. 즉, 장기 기억 속에서 지식은 정신적 표상의 형식으로 구조화되어 있고, 기존의 정신적 표상은 새로운 경험에 직면하면 확장, 조정, 재구성 중 하나의 과정을 거쳐 수정이 된다고 하였다. 다시 말해, 학습에 의해 일어날 수 있는 인지구조의 수정은 지식의 점차적인 확장, 이미 소유하고 있는 개념의 더 세련된 조정, 기존 인지의 재구성의 과정을 거치게 되는 것이다(이선화, 2007). 학생들은 이렇게 수정된 인지구조를 시각적 이미지인 그림을 통하여 표현할 수 있다.

그림분석틀은 지구계 교육관련 오현석 외(2009)와 김제홍(2009)의 연구의 ‘행성 리모델링’ 그림분석에서 사용하였던 분석틀과 오현석과 김찬중(2010)의 연구에서 사용한 ‘지구’에 관한 심상을 살펴볼 수 있도록 지구계 이해를 핵심 주제로 사용하여 분석틀을 재구성하여 적용하였다. 특히, 오현석과 김찬중(2010)의 연구를 참조하여 우리나라 학생들에게 잘 나타나지 않는 지구계의 하부계 요소인 빙하와 연구 참여자들의 그리기에서 표현되지 않은 ESU #5인 ‘지구의 오랜 역사’와 ESU #7인 ‘지구계와 관련된 직업’은 분석틀에서 제외하였다. 분석에 사용한 지구계 이해 분석틀은 <표 6>과 같다.

| category                                   |                      | ESU #  |
|--|----------------------|--------|
| 1) Aesthetic value of Earth                | ① Macroscopic        | ESU #1 |
|  | ② Everyday           |        |
|  | ③ Mixed              |        |
| 2) The Earth's Subsystems                  | ① Water              | ESU #4 |
|  | ② Land               |        |
|  | ③ Air                |        |
|  | ④ Life               |        |
| 3) Interaction with The Earth's Subsystems | ① Human → Subsystems | ESU #2 |
|  | ② Subsystems → Human | ESU #4 |
|  | ③ Human ↔ Human      |        |
| 4) Science and Technology                  | ① Science            | ESU #3 |
|  | ② Technology         |        |
| 5) The Earth in solar system and universe  | ① Solar system       | ESU #6 |
|  | ② Universe           |        |

**<표 6> 지구 그리기 활동 분석틀**

## 2. DASTT-C 분석

연구 참여자들의 과학교수에 대한 자기 이미지를 조사하기 위하여 Thomas et al(2001)의 연구와 국내에서 선행된 연구들(강훈식과 김명숙, 2008, 유지연 외, 2010, 강훈식 외, 2010)에서 사용한 DASTT-C를 연구 상황에 맞게 일부 수정하여 사용하였다. 연구 참여자들이 교사가 되어 과학 수업을 하는 장면을 상상하여 그림으로 그린 후, 그림의 수업 장면이 어떤 주제에 대한 것인지와 그림에서 교사와 학생의 행동과 역할을 서술하도록 구성되어있다. 총 3회의 DASTT-C 검사를 실시하였다.

| 영역 | 요소     | 하위 요소                             |
|----|--------|-----------------------------------|
| 교사 | 활동     | 1. 실험이나 활동의 교사 시범                 |
|    |        | 2. 교사 중심의 강의식 수업 진행               |
|    | 위치와 자세 | 4. 교실 전면부의 중심에 위치                 |
|    |        | 5. 직립 자세                          |
|    |        | 6. 보거나 듣고 있다.(교사에 의한 수동적 정보 수용)   |
| 학생 | 활동     | 7. 교사의 질문에 대한 대답이나 문제 풀이          |
|    | 위치와 자세 | 8. 의자와 같은 교실 가구에 앉은 자세            |
|    |        | 9. 책상(실험대)가 여러 줄로 정렬              |
| 환경 | 내부     | 10. 교사 책상이 교실 전면부에 위치             |
|    |        | 11. 교사 책상 위의 실험 도구                |
|    |        | 12. 교수의 상징 (칠판, 스크린, 게시판 등)       |
|    |        | 13. 과학 지식의 상징 (과학 실험과 도구 벽면 차트 등) |
|    |        |                                   |

<표 7> DASTT-C 채점틀

<표 7>과 같이, 채점틀은 세 영역으로 구성되어 있다. ‘교사’ 영역은 시범 수업(실험), 강의식 수업 전개, 시각적 보조교재 사용 등과 같은 교사의 활동 및 교사의 수업 공간적 위치와 자세에 대한 5개의 하위 요소로 구성되어 있다. ‘학생’영역은 수동적인 정보 수용, 교사의 질문에 답하기 등과 같은 학생들의 활동 및 공간적 위치와 자세에 대한 3가지 하위 요소로 구성되어있다. ‘환경’ 영역은 책상의 배열과 위치, 교탁의 위치, 교탁 위의 실험기구, 교수의 상징 및 과학 지

식의 상징과 같이 교실이나 실험실의 교수-학습 환경적인 특징에 대한 5가지 하위 요소로 구성되어 있다. 해당요소들이 그림이나 설명이 표현된 경우는 1점, 표현되지 않은 경우는 0점이며, 13점 만점이다. 채점한 결과는 선행연구(Louca et al., 2002)의 분석 기준에 따라, 0~4점은 ‘학생 중심’, 5~6점은 ‘중립’, 7~13점은 ‘교사 중심’ 이미지로 분류했다. ‘교사 중심’ 이미지에서는 교사가 교수-학습의 주체로 지식 전달자이고 교실 환경도 지식 전달식 수업을 촉진하도록 구성되어 있다. 또한, 교육 과정은 학습 결과물에 초점을 두고 있으며, 평가는 과학 내용 지식에 초점을 두고 있다. 반면, ‘학생 중심’ 이미지에서는 학생들이 학습의 주체이고 교사는 활동과 탐구를 안내하고 촉진한다. 교실 환경은 열려 있고 학생의 탐구 활동을 촉진하도록 조직되어 있으며, 학생들이 학습을 조절한다. ‘중립’ 이미지에서는 ‘교사 중심’ 이미지와 ‘학생 중심’의 중간에 해당하는 특징들을 지닌다(Thomas et al., 2001). 따라서 점수가 높을수록 전통적 교수관이 강하고, 낮을수록 구성주의적 교수관이 강한 경향이 있다고 할 수 있다.

### 3. 달의 위상 변화 개념 모형 자료 분석

달의 위상 변화와 관계된 개념 모형은 관련 지식이나 정보들을 하나의 추론 과정으로만 묶여있는 단순한 개념 모형이 아니다. 달과 지구와 태양이 서로의 상대적 운동에 따라 그들의 스케일에 관한 개념 모형과 태양 빛이 달의 위상의 결정에 작용하는 광학 모형 그리고 3개의 천체가 서로의 상대적 위치에 따라 그리고 상대적 움직임을 고려하는 천체 운동 모형이 모두 결합되어야 하는 복합적 개념 모형이라고 볼 수 있다. 따라서 달의 위상 변화 개념 모형을 분석하기 위해 변재성 등(2004), 이기영(2008), 이미애와 최승언(2008), Feigenberg 등(2002), Herman 과 Lewis(2003) 그리고 Trundle 등(2007)의 연구들을 참고하여 관계되는 하부 개념 모형과 관련 개념 내용들을 정리하면 <표 8>과 같다.

스케일 개념 모형은 달의 위상 변화를 고려함에 있어서 지구, 달 그리고 태양 간의 기하에 관계된 모형을 탐색하기 위하여 지구에 대하여 상대적인 크기에 대하여 지니고 있는 개념과 지구와 달 사이의 거리에 대한 개념으로 구성하였고 그리기로 표상하도록 하였다. 한편, 광학적 개념 모형은 달의 위상 변화에 있어서 광원을 확인하고 빛의 직진과 그림자 형성에 관한 정신모형을 탐색하기

위한 것으로 달을 볼 수 있는 이유와 그림자가 생성되는 원인에 대하여 서술하도록 하였고 빛의 직진과 그림자의 관계를 그리기로 표상하도록 하였다.

| 모형       | 항목    | 개념 내용  |
|----------|-------|--|
| 스케일 모형   | 크기    | 달, 지구, 태양의 상대적 크기<br>지구는 달의 4배이고 태양은 109배이다.             |
|          | 거리    | 달과 지구의 거리는 지구 지름의 약 30배이다.                               |
| 광학적 모형   | 광원    | 태양이 태양계의 유일한 광원이다. 달은 광원이 아니다.                           |
|          | 빛의 직진 | 빛은 직진하고 태양은 지구로부터 멀어 빛은 서로 평행하다.                         |
|          | 그림자   | 직진하는 빛이 불투명한 사물에 부딪혀 반사하였을 때, 빛이 도달하지 못하여 생기는 음영이 그림자이다. |
|          | 빛의 반사 | 달빛은 태양빛을 반사한 것 중 관찰 가능한 달의 앞면이다.                         |
| 천체 운동 모형 | 달의 공전 | 달의 공전 주기(삭망월 기준)는 29.5일이다.                               |
|          | 지구 자전 | 24시간 주기의 지구의 자전으로 달의 일주 운동이 발생한다.                        |
|          | 공전 궤도 | 지구와 달의 공전 궤도면은 일치하지 않고 서로 기울어져 있다.                       |

**<표 8> 달의 위상 변화 개념 모형의 개념 분류들**


마지막으로, 달의 위상 변화 모형에 대한 정신모형을 탐색하기 위하여 복합적 구조로 질문지를 구성하였다. 먼저, 서술형 문장 중에서 자신이 생각하는 달의 위상 변화 원인을 선택하게 한 뒤, 위상 변화 모형에 가장 가까운 그림을 선택하게 하였다. 그리고 달의 위상변화에 관한 개념 그리기를 표현하도록 하였다. 관련된 개념들을 조사하기 위하여 몇 가지 서술과 선택형 질문을 추가하였으며 그 내용은 다음과 같다. 태양과 달의 일주운동과 서로 다른 위치에서 보름달 위상의 관찰을 통하여 지구의 자전 개념을 탐색하였고 궤도적 모형을 탐색하기 위하여 달의 뜨고 지는 시간과 위상 변화 주기를 이용하여 달의 공전 개념을 알아보았다.

개념 분류들을 이용하여 연구 참여자들의 달의 위상 변화에 관한 초기 모형을 탐색하기 위한 탐색지를 구성하였다. 모든 개념 내용을 탐색지에 포함한 것은 아니고 연구 참여자들의 탐색지의 반응에 따라 심층 면담에서 질문을 통하

여 탐색하기도 하였다. 연구 참여자의 달의 위상변화에 관한 초기 모형의 맥락적 요인은 추가 서술 탐색지와 심층 면담을 통하여 자료를 수집하였다.

초기 모형 자료의 분석은 수업 전과 후로 구분하여 실시하였다. 수업 전 분석은 탐색지의 내용과 심층 면담 중 연구자가 인지한 내용을 바탕으로 특징적 요소만을 빠른 속도로 분석해서 모형 기반 수업을 구성하는데 사용하였고 수업 후 분석은 심층 면담 내용을 전사하여 문서화 한 후 상세한 분석을 실시하였다. 수업 후 상세 분석에 있어서, 인지적 요인에 대한 분석은 연구 참여자의 모형 탐색지와 전사된 심층 면담 자료를 달의 위상 변화 개념 모형의 분류틀을 이용하여 분석하였다. 맥락적 요인에 대한 분석은 전사된 심층 면담 자료를 질적으로 분석하였다. 정의적 요인을 포함한 종합적 분석에는 앞서 탐색한 모든 배경 자료를 참조하였다.


달의 위상 변화에 관한 연구 참여자들의 형성 모형 탐색지는 초기 탐색지와 내용상 거의 유사하다. 연구 참여자들이 탐색지를 작성 후 바로 연구자와 심층 면담을 통하여 개념 그리기를 바탕으로 형성모형을 집중적으로 살펴보았다. 면담 중 연구 참여자들의 형성 모형이 풍성한 모형을 보여주고 있으면 <그림 5>와 같은 응용문제를 제시하였다.



**질문)** 00산을 등반하다가 길을 잃었다. 능선을 따라 걸어가는 중에 다음 그림과 같은 모습의 달을 1시간 여 동안 계속 관찰 할 수 있었다. 현재의 개략적인 시간과 날짜(음력/월력) 그리고 이 산행자가 걸어가고 있는 산의 능선의 방향을 쓰시고 그 이유를 그림을 포함하여 서술하시오.

**<그림 5> 형성 모형 탐색을 위한 응용문제**

10주 후에 <그림 6>과 같이 강의 산출물로서 기말 고사를 실시하였다.



**5. 승용차를 운전하면서 일직선으로 뚫린 고속도로를 달리고 있다. 운전석에서 다음과 같은 모습의 달을 운전하는 1시간 여 동안 계속 관찰 할 수 있었다. (1) 현재의 개략적인 시간과 날짜(음력/월력) 그리고 이 운전자가 운전하고 간 고속도로의 방향을 쓰시고 그 이유를 그림을 포함하여 서술하시오.**

**<그림 6> 기말 고사 평가 문항**

## 제 4 장 초기 모형

### 제 1 절 오로라의 사례

#### 1. 교과와 교수 이미지

##### 가. 시험을 위한 학교 교육에서 어려운 교과로서의 과학

고등학교에서 문과 계열이었기 때문에 과학 과목으로는 공통과학, 화학1, 생물1을 이수하였다. 공통과학의 경우 한 선생님이 전부 다 가르치셨는데 이 선생님의 전공은 지구과학이다. 지구과학에 대한 과정은 고등학교 공통과학에서 지구과학 부분을 들었고 대학교 1학년에서는 ‘생활 속의 과학’이라는 강좌의 일부가 해당된다. 실생활 속에 있는 과학 기술 중 사회적 이슈가 되는 문제를 조별로 조사해서 발표하고 서로 토론 하는 수업이었는데, 오로라는 지구과학적 내용 보다는 본인이 생활과 관련이 깊다고 생각하는 아이폰이나 하이브리드카와 같은 주제에 관심을 가졌고 매우 재미있었던 기억을 지니고 있다.

그런데, 오로라는 중·고등학생 때 음악과 체육을 제일 좋아하고 실과 교과를 가장 싫어했다. 좋아하는 교과로는 외우는 것이 없고 실제로 표현하거나 자유로운 것을 좋아하는 경향이 있는 것으로 보인다. 그래서 외국인과 대화를 나눌 수 있는 영어를 매우 좋아하기는 하지만, 학교 수업에서의 영어는 외우는 방식의 교육이어서 실제 좋아하는 과목으로 꼽지 않는다.

다른 수업들은 다 말 그대로 시험을 보기 위한 수업이었기 때문이다. 나는 영어를 무척 좋아하고 외국인과 이야기하는 것을 좋아하는데, 학교 수업에서의 영어는 시험을 위한 외우기란 의미밖에 없었다. 그나마 시험에서 조금 자유로울 수 있는 음악과 체육이 가장 좋았다. - 1차 설문

(음악은) 막 뭐 표현할 수 있고 그런 거. 체육 같은 건 (밖에) 나가서 하니깐 재밌고 ...(중략)... 실과과목은 싫어했는데, 재미없어서 그리고 너무 외울게 많아서. 영양소 같은 거. (과학에서도) 물리가 외우는 게 많아서 싫어요. - 심층 면담

이러한 성향은 과학 교과에서도 뚜렷하게 나타난다. 좋아하는 과목부터 싫어하는 과학 과목을 나열해보면, 생물, 화학, 지구과학, 그리고 물리 순이다. 외우는 것을 싫어하는 경향에다가 그나마 외워도 그것이 적용되지 않기 때문에 어렵게 느껴졌고 결국 물리 과목이 제일 싫다고 한다. 반면, 본인과 연관성이 많다고 느끼는 생물은 가장 좋아하는 과목으로 꼽는다. 한편, 본인과 관련이 많은 부분에서는 흥미를 느끼기는 하지만, 성적과 경쟁을 중요시하는 학교의 분위기 속에서도 어려운 물리가 포함된 과학 교과가 전반적으로 친구들 사이에서 전략적으로 본인이 기피하는 교과가 된 것이다. 결국 오로라는 재미를 느끼는 것과 문제를 풀고 시험을 봐서 성적을 얻어야 하는 학교 교육에서의 교과에 대한 부담감 사이에서 후자에 의하여 영향을 더 많이 받게 된다.

과학하면 중/고등학교 때 어렵게 배웠던 경험만이 생각난다. 과학도 물론 흥미로운 과목이지만, 나는 한번 듣는다고 바로 이해가 가지 않았는데 (특히 물리, 법칙들) 과학에 흥미 있는 친구들과 경쟁해야 하는 게 너무 힘들고 싫었다. 실제로 과학은 실생활에서 흔히 접할 수 있는 것이라고 하는데, 난 과학이라고 하면 시험을 위한 학교 과학수업만 생각한다. -1차 설문

오로라: 특히 (목소리가 커지며) 물리 쪽들이 외워도 안돼요.

연구자: 기준이?

오로라: 문제 푸는 거. 시험 보는 거. 진짜 열심히 공부를 했는데 망한 거예요 계속 그 다음부터 (싫어하게 되요).

연구자: 좋아하는 과목은 반대로 시험을 잘 봐서?

오로라: 음. 꼭 그런 건 아닌데. 좋아하지 않는데 성적 잘 나온 것도 있는데. 좋아하는 거랑 그런 좀 다른 거 같아요. 저희 고등학교가 공부를 많이 시키는 학교인데. 그런 애들(공부 많이 하는 학생들)이 많이 모여 있는 학교였어요. 그래서 내신 같은 게 따기가 힘들어서 ...(중략)... 과학도 싫은 게 아닌데. 저한테 익숙하지 않고 잘 몰라서 그런 건데. 물리도 공부하면서 재밌기는 했는데, 성적이 나빠서 아예 건드리지 않아서 재밌긴 했어요. 근데, 문제를 풀 때 나 시험을 볼 때 적용이 안돼서. - 심충 면담

또한, 오로라는 본인과 연관성이 있어 흥미를 느끼는 것을 학교 선생님들이 충분히 유도해내지 못했다고 생각한다. 그래서 과학과 본인의 연관성은 교과 자체의 특성이 아닌, 본인만의 생각의 범위 내에서의 연관성으로 제한된다.

오로라: 생물이 저랑 많이 연관이 있잖아요. 유전자 배울 때 나 애기 생기는 거 나. 우리 몸하고 관련이 있잖아요. 그리고 다이어트 막 이런 거 관련 있으니까 대게 흥미롭게 들었던 거 같아요.

연구자: 학교에서 선생님이 생활과의 연관성을 중점해서 가르쳐주셨나요?

오로라: 아니요. 그냥 배운 뒤 제가 우리 생활과 관련 있는 걸로 생각해서 연관성을 찾아서. 선생님들은 수업만 하셨지 호기심을 자극하지는 않으셨어요.

- 심층면접

내가 과학을 접한 것이 중/고등학교 수업경험밖에 없기 때문에, 아무래도 선생님에 대한 기억이 좋은 과목들 순으로 적은 것 같다. 그 중 물리는 일주일동안 6시간씩 공부한 적이 있었는데 시험을 망해서 난 물리에 정말 소질이 없나보다 라고 생각하고 그 후엔 접었다. - 1차 설문지

## 나. 어려운 과학 교과와 신비로운 지구 사이의 지구과학

오로라는 지구과학의 연구 대상인 지구와 천체의 모습과 그 구성 요소에 대한 신비로운 이미지를 지닌 반면, 지구와 천체에서의 현상을 설명하려는 학문적 측면에서의 어렵고 생소한 이미지도 지니고 있다.

오로라는 본인과 연관성이 높은 분야를 좋아하기에 지구 내부와 대기권의 구조가 사람과 연관이 많다고 생각하여 물리에 비하면 상대적으로 쉬운 교과라고 생각한다. 하지만 사람이 살고 있는 지표에 대해서는 큰 관심을 보이지 않는데 학교 교육에서 자신이 싫어하는 외우는 부분으로 인지하고 있기 때문이다.

오로라: 지구과학은 생물만큼은 아니지만 그래도 관련이 있잖아요. 지구. 우리가 사람이 사는 내부나 위에 하늘이 어떻게 되어 있는지? 신기하고.

연구자: 좋아하는 분야는 지구 내부나 앞서 말한 별자리인가요?

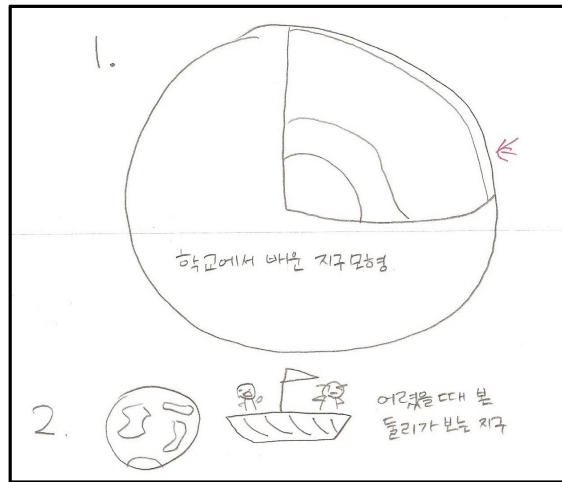
오로라: 그건 어렸을 때 좋아했던 거구요. (현재는) 성층권 막 이렇게 나오는 대기권하고 지구 밑에 내부에 맨틀하고 층상구조 ...(중략)...

연구자: 학교에서 암석 같은 거 배울 때는 어땠나요?

오로라: 그것도 싫었어요. 외울게 많아서 싫었어요. - 심층 면담

그래서, 지구 밖의 천체에 대하여 동경과 비슷한 신비로움에 사로잡혀 있는 모습도 보이는데 <그림 7>처럼 지구 그리기 활동에서 잘 표상되고 있다.





<그림 7> 오로라의 지구 그리기

심미적 가치 측면에서는 우주에서 바라본 전형적인 천문학적 관점을 보이고 있다. 이러한 거시적 표상은 지표에서 직접 보고 있는 지구의 모습을 나타낸 것이 아니라, 주로 우주에서 촬영된 지구의 사진이나 영상을 보았거나 지구본과 같은 지구 모형을 본 ‘지구’에 대한 간접적인 시각적 경험을 바탕으로 하고 있는 것이다. 심층 면담을 통하여 위의 그림은 고등학교 교과서의 사진을 본 경험이며, 아래의 그림은 어렸을 때 본 ‘아기공룡 둘리’라는 만화의 주인공인 둘리가 보는 지구로 실제 둘리 애니메이션의 한 장면을 떠올리며 표상하였다고 한다. 사진과 영상(애니메이션)에 많은 자극을 받는 것으로 보이고 이러한 시각적 자극은 오랫동안 인지되어 기억으로 잘 남는 것으로 보인다.

오로라: 아 이 그림은 둘리에서 지구 밖 ‘관따비아’에서 문질러서 뭐 타고 우주에서 날아갈 때, (둘리가) 봤던 (지구의) 모습이 생각나요. (계속 웃음.)

연구자: 둘리 만화를 좋아했나요?

오로라: 아니요. 처음 봤던 어렸을 때 (기억나는) 처음 봤던 만화가 (지구에 대한) 이미지를 떠올려 보라고 하니깐, 생각났어요. 실제 모형이 아니라 교과서 사진이에요. 봤던 그림이 머리에 딱 떠올랐어요. - 심층 면담

지구의 하위계로는 지구상에서 수권과 지권이 표현되고 있다. 생명권은 천문학적 관점으로 지구를 바라보다보니 선행 연구(오현석과 김찬중, 2010)에서 처

럼 지구상에는 표현되지 않다. 하지만, 우주에서 생명체가 표상되고 있는데, 이러한 결과는 기존 연구에서는 나타나지 않은 지구 표상의 경우이다. 심층 면담의 결과에서도 볼 수 있듯이 실제로 존재하는 생명체가 아닌 돌리라는 가상의 생명체가 애니메이션에 의하여 기억되고 있는 것을 표상한 것으로 유추할 수 있다. 또한, 지권을 표현함에 있어서도 실제 관측할 수 없는 지구 내부의 구조를 표현한 것은 교과서에 수록되어 있는 지구 내부 구조에 대한 사진에 의한 시각적 자극이고 이는 교사의 수업 영향이 큰 것으로 보인다. 그리고 앞서 언급한 내용인 본인이 현재 지구과학에서 좋아하는 분야로 지구 내부의 층상구조라고 답한 이유도 일맥상통하고 있다.

**연구자:** 위 쪽 그림에서 본인의 지구 이미지에 영향을 미친 요소는 무엇인가요?  
**오로라:** 학교수업인데요. 수업시간에 지구 내부에 대해 배우면서 처음으로 지구 내부에 대해 알게 되었기 때문에, 그리고 선생님이 매우 재미있게 가르쳐주셔서 기억에 남아요. -심층 면담

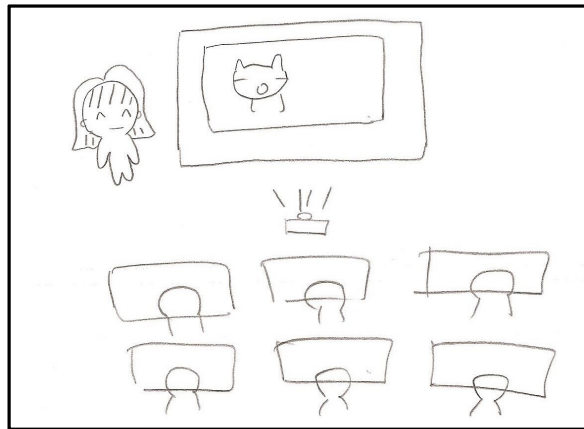
지구를 구성하는 요소들의 상호 작용을 설명하는 것을 어려워하고 지구과학 중 삶과 관련 있는 기술 분야는 거의 없다고 생각하고 있는 앞선 심층면담 내용과도 일치하며 다른 과학교과와 달리 사회적 문제(이슈) 중에 지구과학과 관련된 것이 없다고 답한 것으로도 유추할 수 있다.

이와 같이, 지구 그리기 활동에 나타난 지구에 대한 심상은 상대적으로 지구의 심미적 가치를 천문학적 관점에서 가치를 둔 것이고 지구를 자신의 삶과 직접적 관련이 있는 것 보다는 신비로운 개체를 생각하고 있는 것이다. 이러한 분석 결과는 오로라의 유일한 학교 밖 과학 관련 활동 경험인 천문캠프 참가의 경험과도 일치한다.

동생이랑 별보는 거 좋아해서. 엄마가 신문에서 봤나? 제가 가고 싶다고 하고 엄마가 찾아봐 주셔서 동생이랑 갔어요. 아마 중학교 때 갔어요. 별을 보고 싶어서 강원도 같은 경기도이기 때문에 별 많이 볼 수 있어요. 밤에 어렸을 때 좋아했고 요즘도 좋아해요. 캠프 다녀온 후) 신기했어요. 망원경 큰 거 보고 대게 좀 더 자세하고 더 (별이) 예뻐요. -심층 면담

#### 다. 시각적 자극을 중요시하는 전통적 교사 이미지

오로라는 PPT와 같은 방법을 이용하여 시각적 자극을 학생들에 전달하는 수업 방식을 매우 좋아하고 있으며 전통적인 교사 중심 교육 방식의 교사 이미지를 지니고 있다. 1차 DASTT-C 검사에서 그린 그림이 <그림 8>이다.



<그림 8> 오로라의 DASTT-C 1차

채점틀로 10점이 나왔으며, 이는 ‘교사 중심’ 이미지로 분류된다. 교사가 교수-학습의 주체로 교사가 지식 전달자이고 교실 환경도 전형적인 교실 형태로 지식 전달식 수업을 촉진하도록 구성되어 있다. 교사는 교실의 전면부에 직립 자세로 사진이나 영상과 같은 시각적 보조 교재를 이용하여 설명으로 지식을 전달하는 수업을 진행하고 있다. 생물 수업 시간이며 유전에 대하여 동물의 경우를 보여주면서 교사가 설명하고 있는 것이다. 학생들은 모두 자신의 자리에 앉아서 수동적으로 교사 주도의 수업을 듣고 있다. 이는 본인의 과학 수업 경험에 기인한다. 학생들이 참여하는 수업을 하고 싶은 욕구도 있지만 현실의 틀 안에서 전통적인 수업 형태로 제한하고 만다. 교실 환경은 일반적인 교실의 형태로 학생들의 책상이 교사가 위치한 전면 부를 향하여 여러 줄로 정렬되어 있는 일반적인 수업의 환경이다. 교사의 위치나 수업 진행을 위한 빔 프로젝트의 위치로 교수에 관련된 도구가 모두 교실 전면부에 위치한다. 이처럼 교사, 학생, 환경 영역에서 모두 전형적인 전통적 수업 형태를 지니고 있다.

이러한 수업 이미지를 상상하게 된 배경에는 고등학교 수업 시간 중의 자극과 이의 영향에 의해 자신만의 수업 방식에 대한 생각에 있다. 수업 주제로는 자신과 연관성이 가장 많은 과학 교과로 여겼던 생물을 선정하였다. 그리고 수업의 보조 자료로 사진과 영상을 보여주는 빔 프로젝트를 이용한 수업 방식은 사진과 애니메이션과 같은 시각적 자극에 의한 인지와 기억이 뛰어났던 오로라의 특성이 그대로 드러나고 있다. 그래서 시각적 자극을 부여하는 것이 좋은 수업 방법이라고 생각한다.

고등학교 수업 시간의 영향이다. 물리나 지구과학 등 다른 분야보다 생물 부분이 더 흥미로웠다. 책에 있는 사진보다 더 생생하고 귀여운 사진(또는 애니메이션)으로 수업을 하면 더 흥미 있을 것 같았다. 내 생각에는 (수업 중에) 흥미로운 PPT와 사진으로 아이들에게 과학에 재미를 가르쳐주고 싶다. -심충 면담

오로라는 본인이 표상한 PPT를 이용한 수업을 중고등학교 때 거의 경험하지 못했다. 자신이 알고 있는 제한적인 수업 방법 내에서 직접 경험해 보지 못했던 시각 자극적 수업 방법이 효과가 있을 것이라 예상하고 있다. 이는 지구 그리기 활동 분석에서도 드러났듯이 사진과 애니메이션에 의한 자극을 자신이 잘 받아들이기 때문이다. 그런데, 그냥 평범한 PPT가 아닌 효율적으로 학생들에게 학습 내용을 전달할 수 있도록 교사의 노하우가 담긴 PPT를 이야기 하고 있다.

연구자: 중·고등학교 때 이런 PPT 수업을 많이 겪어봤나요?

오로라: 아니요. 거의 없어요.

연구자: 왜 다른 많은 수업 방법 중 이런 방법을?

오로라: 제가 안 겪어봐서요. 근데, 다른 것은 뭐가 있죠? 실험 이런 거 말씀하시는 건가요? 보통 실험은 그렇게 많이 안하잖아요. 그리고 일방적으로 가르쳐 주는 것을 많이 하는데. 교과서만 보고 그런 것 보다는 애니메이션 같은 것도 넣고 해서 영상으로 보여주고 이렇게 그림자도 . 유전자 할 때도 교과서 그림 보여주면서 1분기, 2분기 이러는 게 아니라 좀 영상으로 보여주면서 하는 게 더 흥미로울 것 같다는 생각을 하는데. 중·고등학교 때 그렇게 배우지 않아서. -심충 면담

## 라. 초등교사관

오로라는 중·고등학생일 때는 초등교사가 장래의 희망이 아니었다. 원래 꿈은 외교관이나 국제단체에서 일하는 것이 꿈이었다. 하지만 고3 때의 여러 가지 개인 사정에 의하여 부모님의 권유에 따라 교육대학교로 진학하게 된다. 자신이 하고 싶은 일을 주로 하는 성격이기는 하나 진로 문제에서는 집안의 경제적인 사정과 개인의 건강상의 이유로 진로의 방향과 대학의 입학 성적 수준도 조절하여 현재의 학교에 진학하게 된다. 여기에서도 상당히 현실을 직시하며 자신이 처한 상황에 순응하는 특성을 잘 찾아볼 수 있다.

교대 진학 과정에서는 교사라는 직업에 대하여 진지하게 생각해 보지 않게 되어, 학과를 지망하는 과정에서도 자신이 좋아하는 교과 순서가 지망 순서에 반영이 된다. 이러한 경향성은 미래에 초등학교 교사가 되어 가장 자신 있는 수업 시간과 자신 없는 수업 시간에서도 그대로 나타났다.

학과를 선택할 때에는 선생님이란 직업에 대해 진지하게 생각해 보지 않았기 때문에, 내가 좋아하는 흥미위주의 과로 순위를 정했었다. 1지망은 영어과였고, 음악과는 2지망이었는데, 어렸을 때부터 음악과 악기를 많이 접했고 학교를 다니면서 초등교육 의외에 악기를 하나 다룰 수 있다는 점이 매력적으로 다가왔다. 3지망 사회, 4지망 체육, 그러고는 기억이 안나요. 실과가 마지막 12지망이었어요. 미술은 하면 될 것 같아서 중간쯤이고 과학은 11번째인가 그런 것 같아요. - 심충 면담

교대 진학 전에는 교사에 대하여 고민하지 않은 터라 자신이 생각하는 교사에 대한 이미지에는 외교관이나 국제단체에서 일하면서 국제적인 사회 책임 의식을 실천하려던 자신의 학생 때 꿈이 반영되어 있으며, 아이들에게 자신이 생각한 교사상이 반영되기를 희망한다.

내 학생들이 머리는 차갑고, 가슴은 따뜻한 사람이 되었으면 좋겠다. 교육과 지식을 통해 주체적으로 삶을 살아가고, 사회에 대해 건전한 비판의식도 가질 수 있는 사람으로 만들고 싶다. 내 꿈은 따뜻한 세상을 만드는 것이었는데, 비록 (교사가) 중, 고등학교 때 계속 간직했던 그 직업은 아니지만, 그래도 선생님이란 직업으로도 내 꿈을 실현할 수 있을 것 같다는 생각이 들어 (대학교) 2학년 때부터는 공부를 열심히 하려고 노력하고 있다. 아이들, 특히 초등학교 아이들은 하얀 도화

지라고 생각한다. 책임감을 가지고 그 아이들을 바른 사람으로 성장할 수 있도록 도와줄 수 있고, 실제 그렇게 성장하는 모습을 본다면 행복할 것 같다. 중·고등학교 때부터 계속 간직해온 내 꿈이다. 지식과 올바른 사고방식을 가져서 개인의 삶도 주체적으로 살고, 그러면서도 공동체에 대한 연대의식을 가져서 따뜻한 사회도 만드는 사람들로 가득한 세상을 만드는 것이 내 꿈이다. - 설문

하지만, 이러한 이상적인 교사상도 자신의 현실의 틀에서는 제약을 받게 된다. 현재 초등학교 예비교사로의 길을 걷고 있고 앞으로 교사가 될 생각에는 변함이 없다. 하지만, 자신의 학생 때의 못 이룬 꿈을 학생들과 수업 중에 이루는 것뿐만 아니라, 자신의 여가 시간을 이용하여 관심 있는 분야에 대한 공부를 더 하거나 문화를 즐기고 싶어 한다. 그런데, 대학 생활을 하고 있는 지방에서의 생활에서의 문화의 한계점을 강렬하게 부정적으로 인식하고 있다.

연구자: 어느 지역으로 임용시험을 볼 생각인가요?

오로라: 서울. 선생님이란 직업을 가지면서 남는 여유시간에 나만의 공부를 하거나 문화를 즐기거나 등의 다양한 활동을 하고 싶은데, 강원도 지역으로 보게 되면 서울이나 경기도보다 훨씬 기회가 없을 것 같다. 서울과 경기도에서 살다가 A교대를 오게 되면서 강원도에서 살아보니, 무언가를 배우고 싶어도 기회가 없고, 배울 곳이 없는 점을 많이 느낀다.

연구자: 지역 가산점이라는 큰 벽이 있어도?

오로라: 네 근데. 저 진짜 여기서 평생을 못살 것 같아요. 학교 다니다 보니깐 배울 곳이 없는데. 이걸 느끼는데. ...(중략)... 대학 때도 그런데, 교사의 장점이 하나가 자기 시간이 많고 뭔가 배울 수 있는 건데 춘천도 이런데 오지에 떨어지면. -심층 면담

미래에 교사가 되어 과학교과를 가르치는 상황을 상상하여 교사의 전문성 요소별로 자신의 과학 수업을 예상해보게 하였다. 지식 측면에서는 교육대학교에서 배우는 것에 대하여 의존을 많이 하는 경향이 있고 기술과 신념 측면에서는 과학과 생활의 연계성을 바탕으로 학생들의 과학에 대한 흥미 유발에 중점을 두고 있다. 이러한 생각들에는 초등교육과 중등교육의 특성을 다르게 보는 경향에 기인한다. 오로라는 초등학교 과학이 다루는 영역은 광범위하나 수준은 쉬운 것으로 보았다. 반면, 중·고등학교 과학은 이해하는 게 어렵고 특히, 시험 보는 것 즉, 문제를 풀어내는 것에 대한 어려움으로 그 수준이 초등학교에 비해

여 그리고 다른 교과에 비하여 높다는 생각을 가진다. 그래서 초등학교에서는 내용 전달이나 학습 이해보다는 과학을 생활 속에서 친숙해 질 수 있는 흥미 유발에 초점을 두고 있다. 방법에서는 재미있는 실험이나 아이들이 신기해하는 현상을 위주로 보여주는 것을 언급한다.

**연구자:** 본인 생각에 초등학생들이 과학을 어떤 면에서 어려워 할 것 같나요?

**오로라:** 초등학교 때는 많이 어려워하지 않을 것 같아요. 중고등학교에 가서 어려워하지 않을까요? 내용이 어렵고 시험을 보니까요. 이해하면 쉬운데 이해하는 게 어려운 것 같아요. 다른 과목보다 어려운거 같아요. - 심층 면담

지구과학에 해당하는 부분을 가르칠 때에는 지식 측면에서 일반 과학 교과와 동일하였다. 기술과 신념 측면도 과학 교과와 동일하나 여기서 오로라의 지구과학에 대한 다른 과학 교과와는 다른 생각을 엿볼 수 있다. 앞서 과학 교과에서 흥미 유발을 위한 실험을 보여준다는 방법적 제시와는 다르게 여기서는 자료와 매체를 많이 이용한다고 하고 있다.

**기술 & 신념 측면:** 아이들이 과학을 어려워하지 않고 흥미를 느낄 수 있도록 열심히 준비해 갈 것이고 흥미로운 자료와 매체를 많이 이용할 계획이다. -설문

## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

지구와 달의 크기는 같고 태양은 지구와 달 보다 50배 정도 크다고 생각하고 있다. 그리기 표상에서 지구와 달의 크기는 비슷하게 묘사하였으나 태양은 13배 정도밖에 되지 않는다. 오로라의 지구, 달 그리고 태양에 대한 크기의 스케일 모형이 거의 제대로 형성되어 있지 않음을 알 수 있다. 이러한 스케일 모형은 교과서에 등장한 기능적 구체 모형으로 표현된 관련 그림을 본 시각적 자극에 의한 것이다.

연구자: 지구와 달이 똑같다는 것은 어떻게 알게 된 거죠?

오로라: 그냥 그것도 고등학교 때 배운 것 같은데. 그냥 모형 같은 거. 그러니까 그림이요. 교과서에 그려진 모형 같은 그림이 태양은 크고 지구와 달은 비슷했던 거 같은데. - 심층 면담

한편, 지구로부터 달까지의 거리에 대해서는 지구의 지름에 5배 만큼 떨어져 있다고 말하고 있으며, 그리기에는 약 15배 만큼 떨어져 있다. 지구와 달의 거리의 이미지는 학교 수업 중에 배운 기억보다는 어렸을 때 읽었던 과학 현상에 관한 호기심을 해결해주는 과학 문고의 영향에 의한 것으로 그 내용 자체는 정확하지는 않다. 7차 교육과정에서 내용에 대한 언급이 없었기 때문으로 보인다.

## 나. 빛의 직진과 그림자

오로라는 그림자가 생기는 이유에 대해서 ‘해가 비추는데 지구가 자전해서’라고 서술하였다. 이는 불완전한 문장이며 그 의미가 명확하게 해석되지 않는다. 이는 면담을 통해서도 확인해 보았지만 이 문장 서술과 심층 면담에서 구두 서술에서도 그 의미를 정확히 하게 도출해 내지 못하였다. 달을 볼 수 있는 이유가 그림자와 관계된다고 생각하면서 이것에는 달과 지구와 태양의 상대적인 운동이 관계한다는 개념을 가지고 있으나, 자신의 개념 모형을 글과 말로 정확하게 표현하지 못하는 한계를 가지고 있다.

연구자: 우리가 달을 볼 수 있는 이유는?

오로라: 지구가 공전해서.

연구자: 달 주변을 지구가 공전하나요?

오로라: 아니요. 태양이랑 같이 달이랑. - 심층 면담

한편, 빛의 직진과 그림자에 관계를 알아보기 위하여 그리기를 유도한 그림을 통하여 태양빛이 직진하는 것을 알고 있으며, 그림자가 빛의 직진성에 의하여 생기는 것이며 빛이 직진할 때 사물이 빛을 가려서 도달하지 못한 부분이 어둡게 보인 것이 그림자임을 알고 있다.



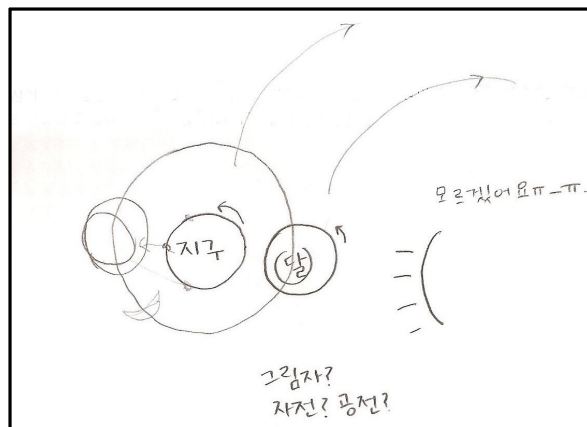
## 다. 달의 위상 변화

오로라는 달의 위상 변화가 지구의 그림자가 달 위에 드리워지는 것에 의하여 발생하는 것이라고 생각하고 있음을 알 수 있었다. 그래서 자신의 생각 속에 있는 달의 위상 변화의 원인을 가장 잘 설명하는 그림으로 그림자 모형을 선택하였다.

그림자 모형은 달의 위상이 지구의 그림자의 영향에 의한 것이라는 생각에서 출발한다. 달과 지구 모두 태양의 빛을 받아 반사하는데, 태양으로부터 지구로 직진한 빛과 동일 선상에 위치한 달의 지구 쪽 부분은 그림자가 형성되기 때문에 반사할 태양 빛이 도달하지 못하며 그로 인하여 달의 일부가 보이지 않는 것이라고 생각한다. 즉, 달의 모양이 변하는 이유는 지구의 그림자가 달 위에 드리워지기 때문이라고 본다.

## 라. 달의 위상변화와 달의 일주

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 9>이다.



<그림 9> 오로라의 달 위상변화 개념 그리기

특이한 점은 지구와 달이 모두 자전과 동시에 공전을 하는 궤도적 운동 모형을 지니고 있음에도 불구하고 지구와 달의 자전 방향과 지구와 달의 공전 방향이 반대인 점이다. 또한, 자신의 달의 위상 변화에 대한 개념이 그림자, 자전,

그리고 공전과 관련이 있음을 짐작하지만, 상호 관계를 자신의 모형으로는 명쾌하게 설명하지 못하고 있음을 스스로 잘 알고 있다.

연구자: 개념 그리기에서 ‘그림자? 자전? 공전?’이라는 글은 왜 쓴 거죠?

오로라: 그런 거랑 관련이 있을 거 같은데 하나도 모르겠어요. -심층 면담

또한, 달의 위상 변화 주기를 30일로 알고 있는 것도 자신의 관련 개념을 나타낸 이미지로는 설명하지 못하고 일반적으로 보름이 15일이기 때문에, 자신이 생각하는 달의 위상 변화주기는 30일이라는 대안적 설명을 하고 있다.

연구자: 달의 위상변화 주기가 30일인 이유는?

오로라: 그냥 보통 15일이 보름이라고 하니깐, 다시 보름이 되려면 30일.

연구자: 그럼 그 이유를 개념 그리기로 설명하면?

오로라: 그건 (설명은) 못하겠어요. 모르겠어요. - 심층 면담

결정적으로 자신이 지구의 그림자로 달의 위상을 설명하는 모형과의 모순 사실을 심층면담을 통하여 인식하게 되고 이를 통해 자신의 궤도 모형의 불일치와 불만족인 부분을 깨닫고 모형을 수정하려고 한다. 물론 현재는 완전히 불완전하고 문제투성이의 모형이라 하더라도 자신의 모형이 무엇인지와 그리고 무엇이 문제인지를 깨닫게 된다. 즉, 자신의 초기 모형에서 인터뷰하는 과정에서 벌써 모형 진화가 시작된 것이다.

연구자: 달이 이쪽이라면 그림자 때문에 설명이 안 되지 않나요?

오로라: 음. 그러네. 아! 어떡해.

연구자: 다른 나라에서는 어떻게 보일까요?

오로라: 어느 나라인지 나라마다 다른데

연구자: 다시 개념 그리기 한 것으로 가서 우리나라의 위치가 여기라면?

오로라: 달이 여기에. 이쪽 달은 아니고 저쪽 달 요. 바뀌었어요.

연구자: 보름을 보려면 우리나라의 위치가 어디죠?

오로라: 보름을 보려면 이렇게 직선이 돼야 해요. 여기에 있으면 보름이 되요.

연구자: 보름을 못 보는 나라는 어디죠?

오로라: 이쪽이나 건너편 저쪽이나.

연구자: 그곳은 위상이 어떻게 보이죠?

오로라: 보름 아니고. 그믐달이나 상현달

연구자: 지구는 한 바퀴 자전 하는데 얼마나 걸리는 건가요?

오로라: 지구. 지구. (한 참 생각에 잠겼다가) 1년!

연구자: 달이 한바퀴, 이렇게 태양 주변을 도는 시간은?

오로라: 지구랑 비슷하게 1년!

연구자: 지구가 스스로 한 바퀴 도는 자전은?

오로라: 음 (한참 생각 후 대답을 못함)

연구자: 앞서 보름에서 보름까지가 30일이라고 했지요. 여기가 보름이라면서요.

달은 여기 있고

오로라: 아! 자전하는데 30일

연구자: 그렇게 하면 이 그림이 설명이 되나요?

오로라: 네.

태양이 뜨고 지는 방향과 달이 뜨고 지는 방향을 처음에는 다르다고 표현했다가 같다고 수정하였다. 매일 달이 뜨고 지는 시간도 다르다고 생각한다. 그 이유로는 ‘달은 매일 떠있는데, 햇빛으로 가려지는 것이기 때문에 해가 빨리 지면 달도 빨리 보이는 것’으로 생각하였다.

연구자: 뜨고 지는 방향이 같다고 했는데, 어디에서 떠서 어디로 지죠?

오로라: 서에서 떠서 동으로요. 음. 아니다. 동에서 떠서 서로요.

연구자: 태양이 떠서 졌다가 다시 동쪽으로 뜨는 데 시간이 얼마나 걸리죠?

오로라: 하루!

연구자: 달은?

오로라: 달은 계속 있는데. 그게 뜬다는 게요. 달이 원래 있는데. 햇빛이 있는데

반사하고 그런 거 아니에요? - 심충면담

## 제 2 절 이원리의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 원리를 이용하여 해결하는 과학과 외워야 하는 과학 사이

고등학교에서 문과 계열이었기 때문에 과학 과목으로는 ‘공통과학’, ‘지구과학 1’, ‘생물1’을 이수하였다. 공통과학의 경우 두 분의 선생님이 각각 ‘생물· 화학’과 ‘물리·지구과학’을 나누어 지도해주셨다. 여기서 생물과 화학에 대한 선생님의 기억은 좋으나 물리와 지구과학을 담당했던 선생님에 대해서는 좋지 못한 기억을 가지고 있다. ‘지구과학1’과 ‘화학1’ 중 ‘지구과학’을 선택하는 것은 학교에서 친구들 사이에서 대세였다. 그 이유는 사회 교과 중 한국지리와 비슷한 부분이 많아서 공부하기 쉽다는 것이다. 여기서 이원리는 공부의 쉽고 어렵고의 개인 기준을 외우기의 수월성으로 이야기 하고 있으며 이러한 특성은 계속 교과에 대한 호불호를 결정하는 요인이 된다.

연구자: 선택 과목으로 생물1과 지구과학1을 선택한 이유는?

이원리: 생물은 필수구요. 물리1은 아예 없었어요. 지구과학이랑 화학 중 선택하는 건데, 소문이 지구과학은 한국지리랑 비슷한 게 좀 많아서 (공부)하기 쉬운데 화학은 전혀 다른 과목이니깐 다들 대부분 지구과학을 많이 선택한다고.

연구자: 여기서 지구과학이 쉽다는 게?

이원리: 한국지리랑 비슷한 부분이 많아서 그나마 나운데. 화학 같은 경우는 아예 다른 게 많다고 그런 이야기가 있어가지고. 외울 때 아는 게 있으니깐, 외울 때 공부하기가 쉽다. -심층 면담

지구과학에 대한 과정은 고등학교 ‘공통과학’과 ‘지구과학1’에서 지구과학 부분을 들었고 대학교 1학년에서는 ‘생활 속의 과학’이라는 강좌의 일부가 해당된다. ‘생활 속의 과학’은 실생활 속에 있는 과학 기술 중 사회적 이슈가 되는 문제를 조별로 조사해서 발표하고 서로 토론 하는 수업이었는데, 지구과학적 내용이라고 볼 수 있는 지구온난화를 가장 기억에 남는 주제 발표로 보고 있다. 그 이유는 본인이 준비를 하여 PPT를 제작하여 발표한 주제이기 때문이며 또

한, 준비과정에서 본인이 알고 있던 것과는 다른 사실들이 있다는 것을 알게 된 것 때문이다. 여기서 이원리는 사회적 문제 즉, 이슈가 되는 것에도 관심이 많은 것을 추정해 볼 수 있다.

연구자: 지구 온난화가 가장 기억에 남는 이유는?

이원리: 발표하고 PPT를 만들고 그러다 보니깐 가장 기억에 남는 것 같아요.

연구자: 기존에 가지고 있던 생각이 바뀐 게?

이원리: 전혀 몰랐던 게 지구 온난화가 과학자들이 일부런 그런 거란 게 있다는 얘기는 처음 들었거든요. 원래 빙기가 있고 극빙기가 있어서 이렇게 왔다 갔다 하면서 그런 건데. 지금 괜히 위협하려고 선진국들이 후진국들을 발 달 안 시키려고. -심층 면담

교과에 대한 선호는 중학교 때는 국사였다가 고등학교 1학년 때는 과학 그리고 고2에서 고3까지는 수학으로 바뀌고 있다. 이원리가 좋아하는 교과는 재미 있고 쉽게 잘 가르쳐 주는 선생님의 영향과 본인이 관련 교과의 문제 해결 시 원리를 이용하여 생각하는 것을 좋아하는 본인의 특성에 의한 것이라 볼 수 있다. 단순한 암기 형태의 학습 보다는 원리를 이용하여 문제 해결을 하는 교과를 선호하고 있다. 그리고 이러한 교과로는 대체적으로 과학과 수학과 같은 이과 계열의 교과로 알고 있다. 그런데, 문과를 선택한 것에는 고1때까지의 수학 성적이 부족해서 이과에서의 다른 친구들과의 경쟁을 두려워했기 때문이다.

연구자: 과학 교과를 좋아한 이유는?

이원리: 저는 단순한 암기는 별로 좋아하지 않는데 과학 같은 경우는 단순한 암기가 아니라 원리에 따라 푸는 문제가 많기 때문에 다른 과목보다 더 흥미를 느꼈습니다.

연구자: 고1때 과학을 좋아하는 데 문과를 선택한 이유는?

이원리: 처음에는 고1 때 수학 성적이 너무 안 나왔어요. 그리고 또 과학 같은 경우에는 대부분이 이과 가는 애들이 미리 다 공부를 하고 많이 간다고 그러더라고요. 물리 1까지 조금 준비했었는데 부담돼서. 이과 애들은 다 수2도 다 준비해놓는데 (저는) 안 한 게 너무 많아서 그냥 문과 갔어요. -심층 면접

이러한 성향은 과학 교과에서도 뚜렷하게 나타난다. 과학 교과 중에서 좋아

하는 과목부터 싫어하는 과학 과목을 나열해보면, 물리, 화학, 지구과학, 그리고 생물 순이다. 화학의 경우는 학교 선생님이 잘 가르쳐주셔서 좋아하게 되었는데, 물리의 경우는 오히려 반대이다. 학교 선생님에 대한 불신이 인터넷 강의와 같은 사교육으로 눈을 돌리게 하였고 문제 해결을 위해 노력을 하게 만들었다. 그 결과 물리가 가장 선호하는 교과가 되었다. 생물과 지구과학을 상대적으로 싫어하게 된 데에는 학습 내용이 주로 개념으로 구성되어 있다고 생각하고 있으며, 개념을 외워야지만 문제를 해결 할 수 있다고 믿고 있기 때문이다.

**연구자: 물리를 좋아하는 이유는?**

**이원리:** 너무 못 가르치니까 제가 정말 인터넷 강의 많이 들었어요. 이분 저분한테 많이 들었는데 그분들한테 듣다보니깐 물리 같은 경우에는 다른 과목은 지구과학 같은 경우는 잊어버리면, 개념이잖아요. 그리고 생물 같은 경우에도 개념이 너무 많아서 까먹으면 못 푸는데, 물리는 좀 뭔가 정해진 게 있어서 그것에 따라서 푸는 것 같은 느낌이 있어서 좋았어요. 즉, 원리를 익혀 두면 외우는 것은 적고 적용하는 게 많아서. -심층 면담

과학에 대한 인식은 과학에 대한 흥미와 관심이 많으며 과학을 중요하게 생각하고 있다. 하지만, 과학을 과목으로서만 좋아할 뿐 실제 생활에서 과학에 관련된 대화를 나눈다거나 과학 관련된 활동을 하지 않는 것으로 나타났다. 즉, 과학을 단지 학교 교육과정 상에 교과로 배우는 과정에서 과학 학습을 하면서 호감을 표현할 뿐이지 문화와 생활 속에 과학이 함께 녹아들어 있지는 않다.

## 나. 사회문화적 시각으로 바라보는 지구와 과학으로 다가가기엔 모호하고 딱딱한 지구과학

과학을 교과로서 좋아하고 재미있어했던 이원리는 지구과학에 대해서는 다소 다른 이미지를 보유하고 있다. 좋아하는 과학 분야는 문제 해결을 통해 명확한 답이 존재하는 물리 교과에 해당하는 것이었고 지구과학의 연구 대상인 지구와 우주는 자신의 인지 범위에서는 다루는 대상이 너무 광범위하여 이해하기 어렵고 명확하게 설명되지 않아 모호한 이미지도 지니고 있다. 그래서 지구와 지구과학에 대하여 ‘딱딱하다’라는 단어로 관련된 심상을 표상하고 있다. 지구

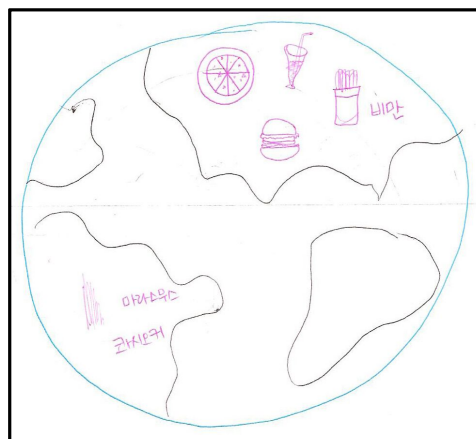
과학에서는 ‘대륙이동설’과 ‘판구조론’처럼 특정 현상을 설명하는 이론과 가설 사이에서 명확하게 설명하지 못하고 있다고 판단하고 있다. 대상에 대한 모호함은 자신과 연관성이 떨어지고 관심의 대상에서 떨어져 가면서 알 수 없고 어려운 이미지로 지구과학을 ‘딱딱하다’라는 느낌으로 포장하게 된다. 그래서 고등학생 때 지구과학에 대한 내용을 공부할 때는 이해와 원리를 이용한 문제 해결 보다는 본인이 싫어하는 외우는 것이 해결 방법이라고 생각하였고 지구과학을 어려운 교과라고 생각하고 있다.

이원리: (지구과학이) 좀 어렵다고 생각한다. 통으로 외워야 하는데 까먹으면 어떻게? 지구과학은 아무래도 지구, 우주 이런 분야에 대해 배우다 보니 내용이 뭔가 광범위하게 느껴지고 내용이 딱딱 할 것 같다는 생각이 듭니다.

연구자: 이유는?

이원리: 딱딱하다. 딱딱하다는 생각이 많이 들어요. 그래서 현실 생활과 동떨어져 있는 거 같고. 웬지 이게 가설이 많잖아요. 그니까, 정확한 것도 아닌 거 같으면서도. 지구의 (판)구조론이나 대륙이동설 같은 경우에도 이것 보다 깊은 게 있는 거 같은데 안 배우는 거 같고 그런 느낌이 들고 모호한 느낌이 들어가지고. - 심층 면담

과학을 좋아하지만, 지구과학에서는 매력을 느끼지 못하는 인지 특성은 <그림 10>처럼 지구에 대한 심상에서도 잘 나타나고 있다.



<그림 10> 이원리의 지구 그리기

지구의 심미적 가치 측면에서는 우주에서 바라본 전형적인 천문학적 관점을 보이고 있다. 이러한 거시적으로 표상한 것은 자신이 지표에서 직접 보고 있는 지구의 모습을 나타낸 것이 아니라, 주로 우주에서 촬영된 지구의 사진이나 영상을 보았거나 지구본과 같은 지구 모형을 본 ‘지구’에 대한 간접적인 시각적 경험을 바탕으로 하고 있는 것이다. 실제 심층 면담을 통하여 위의 그림은 대학교 1학년 교양 강좌 수업에서 사진을 본 경험의 표상이다.

#### 작년 현대인의 식생활이라는 수업에서 보여준 사진 같은 거. - 심층 면담

지구의 하위계로는 지구상에서 수권과 지권이 표현되고 있다. 생명권은 천문학적 관점으로 지구를 바라보다보기에 표상되기 어려우나 ‘피자’, ‘햄버거’, ‘주스’ 등의 사람이 섭취하는 음식들이 표현되고 있다. 이는 직접적인 생물권의 표상은 아니나, ‘지구계 하위계간의 상호작용’ 중 인간과 인간의 상호작용의 하나인 사회 문제를 나타내고 있다. ‘비만’이라는 주제로 표현한 ‘피자’, ‘햄버거’, 그리고 ‘주스’ 등은 북반구의 대륙에 그려져 있고, ‘마라스무스’와 ‘과시오커’의 문자와 함께 풀이나 막대기 같은 형태로 표현한 형상이 왼쪽 하단에 위치한 남반구를 의미하는 대륙에 그려져 있다. 이원리가 표현한 정확한 내용을 알기 위하여 서술한 내용을 살펴보면, 주로 북반구를 중심으로 위치하고 있는 선진국과 주로 남반구에 위치하고 있는 후진개발도상국간의 심한 경제적 격차와 이에 따른 세계경제의 문제를 뜻하는 ‘남북문제’를 표상하고 있다. ‘남북문제’는 과학과 관련성을 찾기 어려운 사회적 이슈로 지구에서의 과학적 문제가 아닌 오히려 사회·경제적 문제가 우선하여 인지되고 있는 것이다. 그래서 ‘과학과 기술’ 그리고 ‘우주와 태양계 속의 지구’의 주제는 표상되지 못하고 있다.

저는 지구의 심각한 문제 중 하나인 양극화에 대해 나타내고 싶었습니다. ...(중략)... 이러한 양극화는 대부분의 북반구 나라들이 잘 살고 남반구 나라들이 못 살아서 남·북 문제라고 불리기도 합니다. 북반구 나라들이 하루에 배출하는 음식물 쓰레기양은 그야말로 어마어마한 양이라고 합니다. 지나치게 욕심내서 많은 양을 먹거나 남기지 말고 적당량을 유지해서 먹고 여유가 있는 사람들이 서로서도 도와주어서 배고픔으로 고통 받는 사람들이 더 이상 없기를 바랍니다. -지구 그리기 활동지



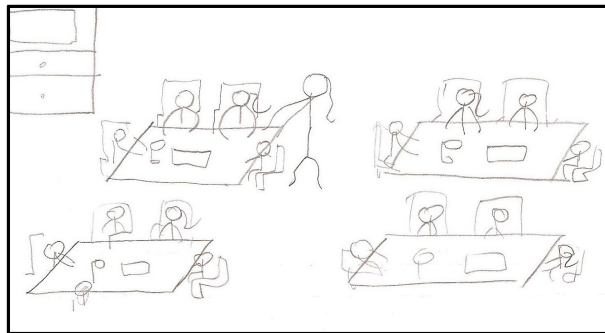
이와 같은 지구에서의 ‘남북문제’의 연상은 일회성의 자극에 의한 결과가 아니라 고등학교 때 논술대비를 위한 방과 후 수업에서 토론을 준비하는 과정에서 ‘남북문제’를 조사하면서 조사 내용과 본인의 기존 생각과의 차이에서 강한 자극을 받게 된다. 이러한 자극은 대학교 1학년 때 수강한 ‘현대인의 식생활’이라는 교양과목에서 다시 한 번 강화되게 된다. 여기서 기존에 인지하고 있는 것과의 ‘불일치’ 자극이 상당히 인지에 도움이 되고 있음을 유추할 수 있다. 이러한 경향성은 앞서 살펴본 바와 같이 대학교 1학년 때 수강한 ‘생활 속의 과학’에서 이원리가 ‘지구 온난화’를 주제로 조사하여 발표하는 과정에서도 그대로 들어난다.

고등학교 때 학교에서 대입 논술 시험 대비로 방과 후 수업 시간에 토론 수업을 했었는데 그때 토론 주제 중 한 가지가 ‘점점 커져 가는 양극화, 선진국에 책임을 물을 수 있을까?’ 이었습니다. 그 때 저는 선진국에 책임을 물을 수 있다는 입장이었습니다. 당시에 토론 수업 준비를 하면서 남북문제에 대해 자료를 많이 찾아보았는데 배고픔과 가난에 죽어가는 아이들이 내가 생각했던 거 보다 더 처참하여 뇌리에 강하게 남았던 것 같습니다. ...(중략)... 이러한 수업들로 지구상에 가장 큰 문제는 사람이 살아가는 데 가장 근본적으로 충족되어야 할 ‘음식’의 불균형이라는 생각이 들어 지구에 이러한 그림을 그리게 된 것입니다. - 지구 그리기 활동지

이와 같이, 지구 그리기 활동에서 나타난 지구에 대한 심상은 과학적 시각의 접근 보다는 사회·문화적 시각의 접근에 따른 표상으로 들어난다. 그 이유로는 지구과학은 이원리가 선호하는 원리를 적용하여 문제를 해결하는 물리와 같은 과학과는 달리 모호함이 많다고 생각하여 자신만의 과학 교과에 이미지가 약하기 때문이다. 게다가 사회적 이슈에 관심이 많은 개인 성향의 영향에 의해서 지구를 과학적 시각이 아니라 사회·문화적 시각으로 바라보고 있음을 유추해 볼 수 있다. 그래서 이원리는 지구와 지구과학을 ‘딱딱하다’라고 한 것이다.

다. 체험과 경험을 중요시하나 전형적 실험 수업으로 제한되는 전통적 교사 이미지

이원리는 <그림 11>과 같이 실험과 같은 방법을 이용하여 간접적으로나마 수업 주제에 대한 학생들의 체험과 경험을 수업 중에 수행하는 것을 선호하여 학생 중심의 수업을 외형적으로 추구하고 있으나 수업에서의 교사의 역할과 수업 전개 방식에 있어서 교사의 선행된 행동과 과정을 학생들이 따라하는 교사 중심 교육 방식도 지니고 있어서 중립의 교사 이미지를 지니고 있다.



<그림 11> 이원리의 DASTT-C 1차

채점틀로 관련 서술과 면담을 이용하여 그림의 명확한 상황을 이해한 후 채점하면 10점으로 ‘교사 중심’ 이미지로 분류된다. 교사는 과학의 한 수업 형태인 실험 수업에 있어서 교수-학습의 주체로 실험에 관한 지식의 전달자 역할을 주도하고 있다. 물론 수업 후반부에는 조력자가 되는 역할의 변화가 일어나기는 하지만, 실험 내용과 과정상에서 학생들이 창의적으로 주도하는 것이 아니라, 교사의 실험을 모방하여 따라하는 것이고 교사는 그 과정에서 어려움을 느끼는 학생들을 도와주고 있는 것이다. 교실 환경은 일반적인 교실은 아니나 실험을 위한 전형적인 실험실 형태로 실험 수업에 적합하게 구성되어 있다.

교사는 실험실에서 학생들의 실험 활동을 도와주는 자세로 수업을 진행하고 있다. 안개가 생성되는 원리에 대하여 가르쳐 주기 위한 실험인데, 수업의 전반부에서 교사는 학생들의 모둠을 편성해주고 실험을 하게 한다. 실험도구들을 교사가 세팅해 놓고 학생들 앞에서 먼저 실험 방법을 그대로 보여준다. 그리고 실험의 학습목표 등을 제시해 준다. 학생들은 4명씩 모둠을 이루고 있으며 수동적으로 교사의 실험에 대한 설명과 본인들이 해야 할 실험과 동일한 시범 실험을 유의 깊게 지켜본다. 수업의 후반부에서는 학생들이 전반부에 교사가 보

여준 실험을 그대로 따라하고, 교사는 학생들의 실험대를 돌아다니며 미숙한 부분을 도와준다. 이는 본인의 과학 수업 경험에 기인한다. 본인이 학생 때는 8~9명으로 이루어진 모둠 실험에서 주도적으로 실험을 수행하는 학생들이 있지만 무임승차하는 학생들도 있었기 때문에, 모든 학생들이 참여하는 실험 수업을 위해서는 4명 정도가 모둠을 구성하는 인원수로 적합하다고 생각한다. 이러한 실험 수업을 하고자 하는 이유는 실험을 하면 본인의 경험 상 재미있는 기억이 많기 때문에 수업을 실험의 형태로 하고 싶다고 한다. 교실 환경은 일반적인 과학 실험실의 형태로 학생들의 실험대가 교사가 위치한 전면 부를 향하여 여러 줄로 정렬되어 있다. 과학 교과라는 것을 알려주는 특정 실험 도구가 학생들의 실험대에 위치하고 모둠별로 1세트씩 준비되어 있다. 벽면의 과학 관련 차트나 포스터는 존재하지 않으나 묘사된 환경만으로도 실험실 수업을 확인할 수 있을 정도의 일반적인 과학 실험실 수업의 환경이다. 한편, 교사의 책상이나 교탁은 존재하지 않으나 교사의 위치나 시범 실험 수업 진행을 위해서는 전면부에 교사를 위한 실험대가 존재해야 할 것이다. 이와 같은 분석 결과 이원리가 생각한 과학 실험 수업은 교사, 학생, 환경 영역에서 모두 전형적인 전통적 실험실 수업 형태를 지니고 있다.

**이원리:** 그냥 실험 하는 수업인데요. 과학하면 애들이 딱딱하게 느끼는 반면. 실험하면 재미있는 기억이 많아서 애들한테 실험을 시키고 싶고 그래서조를 나누어서 전 돌아다니면서 실험하는 거 도와주고 그런 상태예요.

...(중략)...

**연구자:** 선생님의 역할은?

**이원리:** 처음에 제가 실험 하는 거 한번 보여주고 그 다음 과정은 안 가르쳐주고 보여주기만 하고 애들이 (과정을) 기억해서 할 수 있도록 해서. 선생님이 과정을 보여주고 말로 설명해준 다음 그대로 해보라 하면. -심충면담

과학 수업 이미지로 지구과학을 떠올린 것에도 ‘딱딱한’ 과학 수업 이미지로 지구과학 수업을 떠올렸기 때문이다. 학생 때의 전형적인 교실 수업의 이미지도 이런 ‘딱딱한’ 이미지의 연속이며, 자기 주변 실생활과 지구과학이 동떨어져 있는 느낌마저도 받고 있다. 이러한 경험에서 이원리는 무엇보다 수업의 대상인 지구과학에 다가가기 위하여 흥미를 유발해야 한다고 생각했고 그 방법으로 는 체험의 한 방법으로 실험을 좋은 수업 방법이라고 생각한다.

연구자: 이런 수업을 생각한 계기는?

이원리: 실험을 많이 했으면 좋겠다는 생각. 사실 대부분은 앉아서 교실에서 앉아서 하는 수업을 많이 하잖아요. 그래서 직접 체험하는 경우가 없어서 (과학이 실생활과) 동떨어져 있다는 생각이 많이 들었는데. 실험을 하다보면, 화산 같은 경우에도 모형이긴 하지만 직접 눈으로 볼 수 있다는 점에서 현실감으로 다가올 수 있을 거 같아서 저는 실험하는 게 좋았거든요. 그래서 흥미 유발하기에도 실험이 좋을 것 같아서. -심충 면담

## 라. 초등교사관

이원리는 고등학교 1학년 때부터 중등 교사가 장래의 희망이었다. 그런데, 자신의 교과에 대한 호불호가 명확하게 구분되기 때문에, 전 교과를 가르쳐야 하는 초등교사 보다는 좋아하는 교과를 심도 있게 공부하여 학생들에게 가르칠 수 있는 중등교사 희망하였다. 하지만, 현실에서의 중등 임용이 매우 어렵기 때문에 상대적으로 교사가 되기 쉽다고 판단한 교육대학교에 진학하게 된다.

그 중 특별히 중 고등학교 선생님이 되고 싶었던 이유는 제가 좋아하는 과목과 싫어하는 과목이 확실해서 좋아하는 과목을 깊이 있게 공부해서 내가 흥미를 느끼는 과목을 아이들에게 가르친다면 수업을 더 즐겁게 할 수 있을 것 같고 수업을 받는 아이들도 좋아할 것 같아서였습니다. - 심충 면담

DASTT-C 1차 검사지의 분석 결과에서와 동일하게 학생들에게 체험을 시켜주는 것을 중요하게 생각하고 있다. 자신의 교사상을 실천하기에는 교실 수업에는 한계가 있다고 보고 현장학습과 같은 직접 경험의 중요성을 인지하고 있다. 여기에는 초등학교 5학년 때 선생님과 함께 노동자들의 삶을 체험한 것이 강한 인상으로 남아 있고 이원리에게 사회적 이슈에 관심을 많이 가지게 하였다. 이는 지구 그리기 활동에서 표상된 지구에서의 사회·문화적 문제 내용 인식과도 일맥상통한다.

이원리: 학교 교실의 칠판 수업, 컴퓨터를 활용한 수업으로 배울 수 없었던 부분들을 아이들과 함께 주말에 많은 현장학습을 나가면서 직접 경험하게 하고 싶습니다. - 심충 면담

교과에서는 수학을 고등학교 때부터 좋아했기에 교대에 진학하여서도 문과 출신임에도 불구하고 수학과를 1지망을 하였다. 여기서 이원리에 대하여 한 가지 더 엿볼 수 있는 점은 선택에 있어서 전략적이라는 것이다. 대학교에 와서 학과 지망에서도, 특히 2지망을 교육학과로 하였을 때도 다른 과와 달리 정원이 많으며 향후 이 전공에서 배우는 과목들이 자신의 미래의 교사 임용에 도움이 될 것이고 생각하고 지망한 것에서도 전략적인 모습을 볼 수 있다.

**사실 제가 1지망을 한 과는 수학과였는데 단순히 고등학교 때 수학이 좋아서 1지망을 하게 되었습니다. 2지망은 교육학과. 아무래도 교육학과이니깐 학년이 올라가서 전공과목을 더 많이 배울 때 교육학을 더 많이 배울 것 같아서 임용고시에 도움이 될 것 같았고. -심충 면담**

미래에 교사가 되어 과학교과를 가르치는 상황을 상상하여 교사의 전문성 요소별로 자신의 과학 수업을 예상해보게 하였다. 지식 측면에서는 교육대학교에서 배우는 것에 높은 의존을 하고 있는 것이 보이며, 이는 대학 생활에서 학업 측면에서의 적극성을 띄게 해주고 있다. 기술측면에서는 과학 관련 초등학생 지도를 하는 아르바이트 경험에서 초등학생을 대상으로 과학을 언어나 그림과 같은 보조적 시각 자료를 사용하는 것 보다 교사가 직접 몸으로 표현하거나 학생들에게 체험시켜 주는 것이 효과가 좋다는 것을 깨달았다. 또한 초등학생들이 과학에서 등장하는 용어와 개념을 어려워하기 때문에 이것들을 설명을 함에 있어서도 비유의 기법을 쓰거나 실제 생활에서 관련 있는 것을 예를 들어 주는 것이 학생들의 이해에 매우 효과적이라는 나름의 노하우로 터득한 것으로 보인다. 이러한 경험에 의한 자신만의 교수기법에 관한 생각은 DASTT-C 1차 검사지의 분석 결과와도 일치한다.

과학 교과 중 지구과학에 해당하는 부분을 가르칠 때에 대해서도 동일한 질문을 하였다. 이에 대하여 이원리는 지구과학과 과학에 대하여 차이를 대답하지 못하였다. 비록 자신이 과학을 좋아하기는 하지만 과학에 대한 자아 효능감이 부족해서 모르는 부분이 많기 때문에 현재 자신의 인지 범위 내에서는 지구과학과 다른 과학 교과와의 차이를 두지 못하고 있다.

## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

지구와 달의 크기를 비교하면 달이 지구의 0.7배로 보고 있으며 태양의 경우는 5천배 정도 지름이 크다고 생각하고 있는데, 그리기로 표상된 바에 의하면 24배에 지나지 않는다. 숫자로 표현되는 스케일과 실제 크기의 이미지의 오차가 크다는 것을 알 수 있다. 심층 면담 중에는 태양의 크기가 5천배가 아닌 3배로 문제풀이 경험에서 수치로 제공된 표에 의한 회상으로 수정하게 된다.

연구자: 달의 지구에 비해?

이원리: 0.7배

연구자: 어떻게 알게 된 거죠?

이원리: 지구보다 조금 작다고 했던 것 같은데, 근데 (태양의 크기가) 5천배는 안 될 것 같아요. 문제에서 금성, 수금지화목토 그림에서 지구를 1로 잡고 풀었던 문제가 있는 것 같은데, 5천배까지 안 갔던 거 같아요. 3배.

연구자: 왜죠?

이원리: 문제집 문제 표로 주어진 것에서 그 정도였던 거 같아요. - 심층 면담

한편 그리기에서 지구와 달의 크기는 생각과 비슷하게 묘사하였으나 태양은 생각보다 큰 값인 약 5배 정도로 표현하였다. 스케일을 수치로 인지하여 스케일 모형이 거의 제대로 형성되어 있지 않음을 알 수 있다. 교과서에 제시된 태양계 행성의 물리적 특성이 숫자로 제시된 것처럼 문제 풀이에서 제시된 상대적 크기의 숫자 영향을 받은 것이라 볼 수 있다. 하지만, 숫자는 시간에 흐름에 따라 정확하게 기억하기는 어려울 뿐만 아니라 숫자에 의해 인지 구조 속에 인식된 크기의 이미지는 시간이 흐른 후, 다시 숫자로 인식해 내는 과정에서 정확도를 잃게 된다.

한편, 지구로부터 달까지의 거리에 대해서는 지구의 지름에 2배 만큼 떨어져 있다고 말하고 있으며, 그리기에서는 달은 지구로부터 지구 지름의 약 1.5배 만큼 떨어져 매우 가깝게 생각하고 있었다. 이는 크기와 거리의 비율의 정밀도는 무시한 채 태양-지구-달의 위치 관계만을 강조하는 기능적 구체 모형으로 제시된 교과서나 문제집의 그림 때문이다.

연구자: 지구와 달 사이의 거리는?

이원리: 지구 지름의 2배 정도. 항상 그림을 보면 우리 태양계 대해 그려져 있는 걸 보면요. 교과서에서 금성 같은 건 멀리 떨어져 있는데 달은 바로 (지구) 곁에 있어서. - 심층 면담

## 나. 빛의 직진과 그림자

그림자가 생기는 이유에 대해서 ‘태양과 지구가 항상 일직선상에 있는 것이 아니기 때문에 태양과 지구 사이의 고도차에 따라 그림자가 생기게 된다.’라고 서술하였다. 서술 문장으로 보았을 때는 태양과 지구의 관계에 의하여 그림자가 생길 수도 있지만 항상 그런 것이 아닌 것을 알고 있는 것으로 달의 위상이 그림자와 상관성이 없다는 것을 이해하고 있는 것으로 보인다. 그래서 달을 볼 수 있는 이유에 대해서는 ‘달은 빛을 낼 수 없어서 낮에는 보이지 않지만 밤이 되면 태양의 빛이 반사되어 달을 볼 수 있게 된다.’라고 서술하였다. 달이 광원이 아닌 이유에 대해서는 수소가 없다는 것을 막연하게 알고 있는 것으로 보인다. 빛의 직진과 그림자와 관계에 대하여 바른 개념 모형을 지니고 있으며, 이를 달의 위상에 적용할 때도 오류가 발생하지 않고 있다.

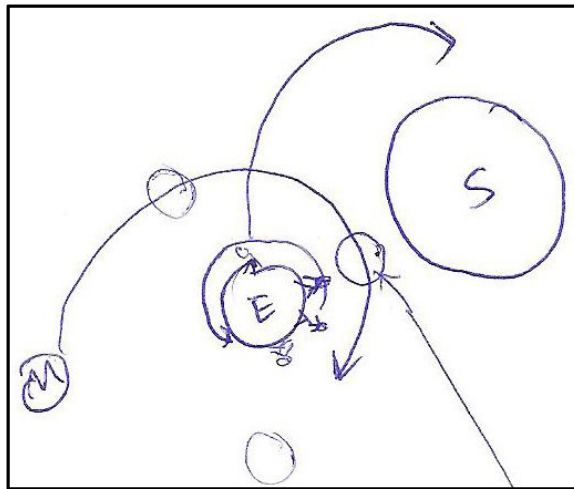
## 다. 달의 위상 관찰

빛의 직진성과 이에 따른 그림자의 형성에 대해서는 잘 이해하고 있고, 달을 볼 수 있는 원리에 대해서도 그림자와 상관없이 달은 스스로 빛을 내는 광원이 아니기에 햇빛을 반사한 것을 지구에서 관측하는 것을 바르게 이해하고 있었다. 달의 위상 변화의 원인에 대한 이미지 탐색을 통하여서도 달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다고 생각하고 있음을 알 수 있었다. 그래서 반사 모형 그림을 선택하였다.

반사 모형은 달의 위상이 달이 광원이 아니며 지구에서 달을 관측하는 것은 우리가 일반적으로 사물을 볼 때처럼, 빛을 달이 표면에서 반사한 것을 의미하며, 달의 공전 궤도면에서 지구 쪽 앞면이 반사한 부분만이 관측되는 것이라는 개념 그리기를 대변한다고 볼 수 있다.

## 라. 달의 위상변화와 달의 일주

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 12>이다.



<그림 12> 이원리의 달의 위상 변화 개념 그리기

특이한 점은 지구는 자전과 동시에 공전을 하고 달은 지구 주위를 공전하는 궤도적 운동 모형을 지니고 있음에도 불구하고 달 공전방향과 지구의 공전 방향은 동일한 반면, 지구의 자전 방향은 지구의 공전 방향과 반대이다. 또한 지구의 자전 주기는 24시간임을 알고 있으나 달이 지구 주위를 공전하는 데에는 반년이 소요된다고 생각하고 있다.

연구자: 지구가 이렇게 한바퀴(자전) 하는데 걸리는 시간이 얼마 인가요?

이원리: 하루

연구자: 달이 이렇게 지구 주변을 한 바퀴 도는데 걸리는 시간은?

이원리: 한 반년 -심층 면담

반면, 달의 위상 변화 주기를 30일로 알고 있는 데, 이는 달의 위상 변화가 달의 공전과 관계는 있는 것을 알면서도 그 관계에 대해서 명확하게 모형이 형성되어있지 않기 때문이다. 그래서 달의 위상 변화 주기를 표상된 이미지와 관련



하여 설명하지 못하고 일반적으로 보름이 15일이기 때문에, 위상 변화주기는 30일이라는 대안적 설명을 하고 있다. 즉, 달의 위상이 우리 눈에 관측되는 원리를 알고 달의 위상 변화에 달의 공전에 의한 지구-달-태양의 상대적 위치가 바뀌는 것이 관계됨을 알지만, 조직적으로 연결되어 있지 않다는 것을 의미한다.

**연구자:** 달의 위상 변화 주기가 30일이라는 것은 어떻게 알게 된 거죠?

**이원리:** 그냥 보름이 15일이니깐. (2배) -심층 면담

심층 면담을 통하여 확인해 본 결과, 보름달의 위치를 지구와 태양의 가운데에 위치한 달의 위치로 생각하고 있었다. 앞서 달의 위상이 달이 태양빛을 반사하는 부분 중 우리가 지구에서 볼 수 있는 부분이라고 답하였던지라, 달의 위상 변화에 관한 초기 모형에 중대한 결함이 있는 것이 분명하다.

**연구자:** 보름달은 어떤 상황에서 볼 수 있는 거죠?

**이원리:** 달이 <지구와 태양 사이의 위치에 있는 달을 가리키며> 여기 있을 때.

**연구자:** 초승달은?

**이원리:** 음. (모르겠어요.)

**연구자:** 반달은?

**이원리:** <상현의 위치> 이 쪽요. 상현인지 하현인지는 몰라도 - 심층 면담

우리나라에서 보름달을 볼 수 있을 때, 같은 날 다른 나라에서는 보름달로 관측되지 않는다고 하였다. 그 이유로는 우리나라의 위치가 실제 천문시간을 기준으로 24시 위치일 때, 12시 위치에 있는 사람들은 우리나라와 반대쪽에 위치하고 있어 보이지 않는다고 하였다. 마찬가지로의 원리로 6시와 18시 위치에서는 반달로 24시 근처에서는 보름에 가까운 위상을 지니는 것으로 생각하고 있었다. 달의 위상 변화가 달의 공전에 기인하는 것이 아니라 태양과 달이 이루는 각도가 지구 표면에서 어느 경도 상에 위치하느냐에 따라 변한다고 생각하였기 때문이다. 그래서 달의 공전 주기를 반년으로 생각했던 것이다. 그럼 30일의 위상변화를 설명하려면 지구 표면의 각각 다른 위치는 30일에 한 번 변해야 하는 즉, 지구의 자전 주기가 30일이 되어야 하는 것임에 불구하고 재차 지구의 자전 주기와 달의 공전주기를 질문하였으나 변함이 없었다. 이 두 가지 상황은 개념

모형으로 설명할 때 모순 사건을 깨닫지 못하여 자신의 모형과 불일치함을 인지하지 못하기 때문에 초기 모형에서 변화가 일어나지 않는다.

연구자: (개념 그리기에서) 보름일 때 우리나라가 어디죠?

이원리: 이 상황에서요. <24시 위치를 가리키며> 여기요.

연구자: 다른 나라가 보름달을 못 보는 이유는?

이원리: 다른 나라는 <12시 위치를 가리키며> 이 쪽(반대쪽)에 있으니깐.

연구자: 우리나라 가까운 쪽에 있는 곳에서는?

이원리: (보름에서) 조금씩 작게. 보름의 형태에서 조금씩 (모습이) 모자란.

연구자: (우리나라와) 90도 위치에 있으면 상현 혹은 반달인가요?

연구자: <자신 있게> 네!

연구자: <앞서 했던 질문을 재차 확인 질문> 달이 이렇게 지구 주변을 한 바퀴 도는데 30일?

이원리: 아뇨. 반 년

연구자: 지구가 이렇게 한바퀴(자전) 하는데 걸리는 시간이 얼마 인가요?

이원리: 하루 - 심층 면담

한편, 달이 뜨고 지는 방향이 태양이 뜨고 지는 방향인 동에서 서로 같지만 매일 달이 뜨고 지는 시간 도 다르다고 생각한다. 그 이유를 궤도적 모형으로 설명하고는 있지만 위상변화와 마찬가지로 지구의 자전과 달의 공전에 대하여 정교한 개념이 성립되어 있지 않다보니, 태양과 달의 거리에 따라 뜨는 시간이 다르다고 생각하고 있다. 게다가 태양과 달의 거리에 따라 빛의 양이 달라지고 이 양에 따라 반사하는 정도가 다르다고 생각하고 있었다. 즉, 이원리의 반사모형은 달이 많이 반사하는 양이 많으면 지구에서 볼 수 있는 양이 많고 적게 반사하면 지구에서 볼 수 있는 달빛의 양이 적다고 생각한 것이다. 즉, 지구에서 볼 수 있는 빛의 양이 단위 면적당 에너지의 의미가 아니라 면적의 의미를 지니고 있는 것이다. 그래서 달이 태양과 가장 가까운 위치인 '삭'에서 지구에서 볼 수 있는 달의 빛의 양이 많고 이를 가장 달의 면적이 넓게 보이는 보름이라고 생각했던 것이다.

연구자: 매일 달이 뜨는 시간이 다르다고 했는데 어떻게 다르죠?

이원리: 태양과 가까울 때는 일찍 뜨고 멀 때는 늦게 떠요.

연구자: 이유는?

이원리: 태양과 멀어질수록 빛을 많이 못 받잖아요. 반사를 못하니깐. -심층 면담

## 제 3 절 강초록의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 눈에 보이는 과학과 교사의 영향과 더불어 보이지 않아 어려운 과학 사이에서 수동적 과학 문화 수용

문과 계열이었기 때문에 수능에서는 과학 과목을 선택하지 않았다. 고등학교 과학 과목으로는 ‘공통과학’, ‘화학1’, ‘생물1’을 이수하였다. 공통과학의 경우 화학과 생물을 전공하신 두 분의 선생님이 각각 ‘화학-물리’와 ‘생물-지구과학’을 나누어 지도해주셨다. 강초록이 다녔던 강원도 삼척의 고등학교는 이 두 분의 선생님밖에 없었던 관계로 교육과정 운영 상 ‘화학 1’과 ‘생물1’을 선택할 수밖에 없었다. 즉, 물리와 지구과학은 공통과학 수업 중에도 비전공인 선생님들께 배웠을 뿐만 아니라, ‘물리 1’과 ‘지구과학 1’을 아예 선택할 수조차 없었다.

저희는 학교에는 화학 선생님하고 생물 선생님 밖에 안 계셨거든요. 그냥 일괄적으로. 저희 공통과학을 배울 때도 물리랑 지구과학 선생님이 없으셨어요. 그래서 이 두 분이 반반 나누어 (수업)하셨거든요. 화학 선생님이 화학과 물리 하셨어요. 생물 선생님이 지구과학과 생물을 하시고. -심충 면담

지구과학에 대한 과정은 고등학교 ‘공통과학’ 수업에서 생물 전공의 선생님께서로부터 수업을 들었고 대학교 1학년에서는 ‘생활 속의 과학’이라는 강좌의 일부가 해당된다. ‘생활 속의 과학’은 실생활 속에 있는 과학 기술 중 사회적 이슈가 되는 문제를 조별로 조사해서 발표하고 서로 토론 하는 수업이었는데, 강초록은 지구과학 내용인 화산 모형을 가장 기억에 남는 주제 발표로 보고 있다. 그 이유는 비록 자신이 속한 조에서 발표를 한 것은 아니지만, 다른 조의 발표를 통해서 본인이 학생 때 지구과학 수업 중에 경험해 보지 못한 것에 대하여 자극을 강하게 받는다.

연구자: 어떤 주제가 가장 기억에 남고 그 이유는 무엇인가요?

강초록: 화산 모형. 다른 조에서 발표하는 거였는데, 저는 학교 다닐 때 그렇게

자세하게 실험해서 수업한 기억이 없거든요. 과학 시간이 맨 날 이론만 공부해서 엄청 재미없고 그랬는데. 그 조가 발표했을 때는 실험하는 방법도 자세히 알려주고 여러 가지 소개해 줘서 저는 그게 대게 기억에 많이 나요. - 심충 면담

교과에 대한 선호는 사회 교과에 집중이 되는데 그 중 ‘국사’, ‘한국 근·현대사’를 좋아한다. 여기에는 가족 여행을 통해 유물이나 유적을 어렸을 적부터 접했던 가족 문화의 영향이 큰 것으로 보인다. 본인이 직접 여행을 통해 체험한 영향으로 다른 교과와 달리 국사나 근현대사를 학습 할 때 이해도 빠르게 되고 그래서 더 관심이 생기게 되었다고 한다. 그리고 이러한 영향으로 강조록은 역사학자나 고고학자의 꿈을 지니게 된다. 또한, 음악도 좋아하는 교과인데, 이는 교과로서 보다는 분야로서 좋아한다.

음악은 학교 입학 전부터 과목이 아니더라도 좋아했던 분야였고, 사회 과목은 배울 때 가장 가슴이 설레고 긴장되는 과목이다. -설문

제가 원래 교대를 지망한 것이 아니라 고고학 쪽을 지망했었는데. 교대로 오게 됐어요. 원래 어렸을 때부터 여행을 많이 다녔거든요. 혼자 다닌 건 아니고, 부모님이 많이 데리고 다니셨거든요. 그래서 가면 주로 역사 유물 보러가거나 그런 곳을 많이 가니깐 어려서부터 그런 것 대게 많이 보고 다녔어요. 그런 것의 영향을 받아서 그런 것인지는 잘 모르겠지만. 과목도 그 과목 국사나 근현대사를 배울 때면 이해하는 것도 빠르고 보고 온 게 많으니깐 이해하는 것도 빠르고 그 분야에 대해서 관심이 대게 많았어요. -심충 면담

부모님의 문화적 영향은 과학에 대한 호감에서도 나타난다. 과학을 전반적으로 별로 좋아하지는 않으나 화학에서의 이온반응과 생물에서의 인체를 다루는 부분은 좋아한다고 한다. 여기에서 강조록은 대상이 눈에 보이는 것과 경험할 수 있는 것에 민감한 것을 알 수 있다. 대상을 이해한 뒤 그것을 외우는 것을 좋아하는 특성을 지녔기 때문에, 화학 중 생활에서도 볼 수 있고 그 결합 형태가 모형으로 충분히 제시됐을 것으로 추정되는 이온 반응을, 생물에서는 이과 출신으로 수학을 전공한 부모님의 영향으로 집에 있는 과학 관련 도서와 생물 선생님께 빌려 보았던 과학 잡지에 등장한 사진 이미지를 통해 인체 관련 내용을 좋아하고 있다.

눈에 보이지 않아 이해하기 어려운 물리나 여태까지 제대로 배운 적이 별로 없는 지구과학은 항상 하기 싫고 어려운 과목이에요. 그에 비해 외우는 것이 많지만 비교적 이해하기 쉬운 화학과 생물 과목은 과학이 즐거운 이유가 되요. 제가 외우는 걸 좀 좋아하거든요. 화학에서는 이온 같은 게 서로 결합되고 다시 분리되기도 하고 이런 현상이 대개 신기하기도 하고, 그런 것은 실제 생활에서도 볼 수도 있잖아요. 물이랑 뭐랑 섞이는 거거나. 그런 거 해서 이해도 빠르고 외우기도 그리 어렵지 않았던 거 같고요. (생물) 인체는 일단 우리 몸이니깐. 아버지께서 아버지 어머니 둘 다 이과시거든요. 둘 다 수학하시는데 과학도서 같은 것이 집에 많아서 주로 인체에 대한 것 많이 보았거든요. 소화기관이거나 아니면 숨 쉬는 거나 관심이 많았고요. 또 고등학교 때 뉴턴 잡지를 생물 선생님이 매달 그걸 받아 보시는 거. 빌려 봤거든요. 거기에도 인체에 대한 내용이 나왔는데 재밌는 것도 많고. 제일 신기한 게 인체인 거 같아요. - 심충 면담

그래서 강초록의 과학에 대한 생각은 그대로 교과 내에서의 선호도로 나타난다. 가장 좋아하는 과목부터 싫어하는 과목 순대로 나열 하면, 화학, 생물, 지구 과학 그리고 물리 순이다. 화학과 생물 교과는 각각을 가르치시는 선생님들이 그 분야가 전공인 것이 이해가 잘 되도록 설명해주실 수 있는 배경으로 보인다. 그러다보니 오히려 물리와 지구과학은 선생님들이 명확하게 설명해주신 것이 아니라서 배우는 학생 입장에서는 시험 때문에 이해 없이 그냥 외워야 하는 부담을 가지게 된다. 선생님들의 설명이 명확하지 못하다고 생각하다보니 교과의 특성조차도 눈에 잘 보이지 않는 내용을 다루고 있다는 선입견을 지니게 된다. 특히 물리의 경우는 이러한 선입견이 중학교 때까지로 거슬러 올라가는데, 중학교 때는 물리 전공한 선생님이 가르쳐 주셨음에도 불구하고 물리 분야의 학습에 대해서는 선생님들에 대한 불만이 많음을 볼 수 있다. 특히, 본인이 이해가 잘 안 되는 부분을 교사에게 질문했을 때 만족할 만한 설명과 답이 제공되지 않았다고 회상한다. 여기서 강초록의 교사에 대한 경험과 교사상을 엿볼 수가 있는데, 화학을 생물보다 더 좋아하는 이유가 화학 선생님이 이해가 잘 되게 설명해 주시고 반복해서 설명해 주신 것이 그 이유라고 말하고 있다. 이렇게 강초록은 과학을 화학과 생물은 좋아하는 내용도 있지만, 물리에 대한 어려움 때문에 고등학교에서 계열 선택에서도 사회 과목을 좋아하여 문과를 선택한 것도 있지만 물리가 너무 싫어서 선택한 계기가 되었다고 한다.

지구과학 (전공) 선생님께 안 배우다 보니깐. 전문성이 없다고 해야 하나. 그것도 그렇고. 이렇게 물어 보면 찾아서 가르쳐 주셔야 하니깐 그게 애로사항이 많았어요. 그냥 시험 때 바짝 외워서 그냥 그것 밖에 없었어요. -심충 면담

과학에 대한 강초록의 인식은 앞서 살펴 본 바와 같이 화학과 생물에서 좋아하고 신기하게 여기는 분야가 포함되어 있기 때문에 과학에 대한 흥미와 관심이 보통이기는 하나 제한적이고 과학을 중요하게 생각하고 있다. 하지만, 특정 과학 분야만 좋아할 뿐 실제 생활에서 과학에 관련된 대화를 나눈다거나 과학 관련된 활동(여행, 과학관 관람, 캠프 등)을 하지는 않는 것으로 나타났다. 특히 여행을 많이 하면서도 주로 유물과 유적을 보러 다녔을 뿐, 여행 중 과학적 내용과 관련된 것은 없었다. 심지어, 지척에 있는 환선굴과 대금굴 같은 유명한 석회 동굴을 가보지 않았다고 한다. 과학 관련 대회도 반드시 한 분야씩 참여해야 하는 중학교의 방침에 따라 수동적으로 참여 했는데, 아쉬움이 남을 정도로 즐거움이 있었다고 말한다. 즉, 강초록은 과학을 중요하게 생각하기도 하고 관심이 있는 분야도 있지만, 이러한 인식 자체가 본인이 적극적으로 과학 관련 문화와 경험을 하게 할 정도는 아닌 것이다. 오히려 관심이 있는 분야가 생긴 것은 부모님과 선생님의 영향으로 과학 도서에 있는 인체 그림과 같은 자극에 의한 것인데, 이러한 주변의 문화의 영향일 뿐이지, 본인이 직접 과학 문화를 찾아가는 것은 아니다. 즉, 강초록에게 과학 문화는 능동적 수용이 아니라 수동적 수용이며, 본인의 과학에 관련된 이미지도 이러한 수동적 수용에 의하여 형성된 것이다.

연구자: 주로 어디를 다녀온 게 기억에 많이 남나요?

강초록: 저는 경주 갔던 게. 경주는 혼자서도 매년 한 번씩 가거든요. 충청도 쪽에 공주나 이쪽에 갔었는데. 경주는 유물 보존이 꼼꼼하게 잘 되어 있는데 충청도는 그런 게 그냥 도로 옆에 훑하니 있고. 봤을 때 마음이 대게 안타까웠어요. ...(중략)...

연구자: 석회동굴 같이 과학과 관련된 곳도 가보았나요? 집(고향) 근처에도 환선굴, 대금굴 같은 유명한 석회동굴이 있는데.

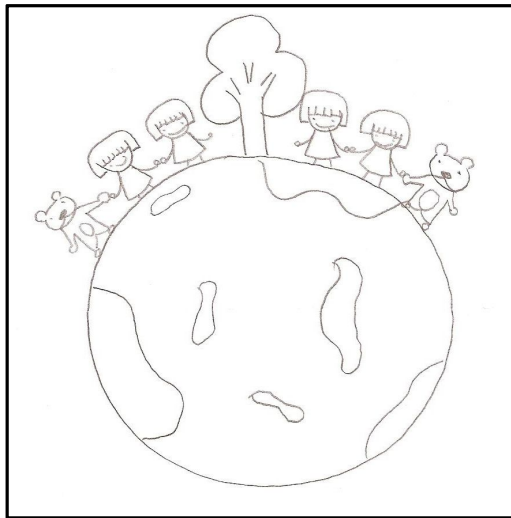
강초록: 아니요. 과학과 관련된 곳은 안 갔어요. 그리고 ㅎㅎ(웃음). 환선굴과 대금굴도 안 가봤어요. 거기 서울 사람들이 많이 와서 인터넷으로 미리 예약도 해야 하고 - 심충 면담

## 나. 자연과 공존하는 지구와 비전공 교사 때문에 어려운 지구과학

과학 문화를 수동적으로 수용해온 강초록은 지구과학에 대해서는 교과로 부정적인 이미지를 보유하고 있다. 자신이 접한 문화의 범위 내에서 지구과학과 관련된 내용에서 수용할 만한 관심을 끄는 것이 없었으며 무엇보다도 정규 학교 수업에서 제대로 지구과학을 배우지 못했다고 생각하고 있다. 그래서 지구과학에 대하여 ‘어렵다’와 ‘딱딱하다’라는 단어로 관련된 자신의 심상을 표상하고 있다. 학교 교육에서 지구과학을 재미있게 배워본 경험이 없을 뿐만 아니라, 비전공 선생님에게 배워서 수업을 어렵게 받은 기억밖에 없다. 그래서 지구과학은 오로지 시험을 위해 외워서 준비해야 하는 재미없는 교과의 이미지로 남게 된다.

지구과학 (전공) 선생님께 안 배우다 보니깐, 전문성이 없다고 해야 하나. 그것도 그렇고, 이렇게 물어 보면 찾아서 가르쳐 주셔야 하니깐 그게 어려움이 많았어요. 그냥 시험 때 바짝 외워서 그냥 그것 밖에 없었어요. - 심충 면담

이러한 지구과학에서의 과학으로서의 매력을 느끼지 못하는 인지 특성은 <그림 13>처럼 지구 그리기로 표상한 결과에서도 잘 나타나고 있다.



<그림 13> 강초록의 지구 그리기

지구의 심미적 가치 측면에서는 우주에서 바라본 천문학적 관점과 자신의 주변에서 직접 본 경험을 주로 나타내는 일상적 관점이 동시에 나타나고 있다. 이러한 혼재된(mixed) 관점의 표상은 지구에 대한 직접적인 시각적 경험과 간접적인 시각 경험을 바탕으로 한 것이다. 강조록의 경우는 두 경험이 분리되어 나타난 것이 아니라, 지구의 외형은 천문학적 관점으로 표상하고 지구의 표면에 생존하고 있는 사람, 동물, 식물 등을 일상적 관점으로 표상하여 두 경험이 강조록의 ‘지구’에 대한 인지구조 속에 연결이 되어 있는 것이다.

실제 심층 면담을 통하여 확인한 결과, 위의 그림은 강조록이 동물 학대와 관련된 환경 보호를 다룬 다큐멘터리를 시청한 경험의 표상이다. 여기서도 과학 문화를 수동적으로 수용하게 되는 경향을 엿볼 수 있다. 의도적으로 다큐멘터리 채널을 보려고 본 것이 아니라, 케이블 방송의 채널을 이리 저리 변경을 하다가 우연치 않게 시청하게 된다. 자극이 뇌리에 강하게 기억된 것은 그 내용이 충격으로 다가왔기 때문이고 과학 분야 중 자신이 그나마 관심이 있는 생물 분야인 것도 이러한 인지 자극에 영향을 준 것으로 유추할 수 있다.

연구자: 이러한 이미지가 떠오른 이유가?

강초록: 그 전에 다큐멘터리를 본 적이 있는데 엄청 인상이 깊어서. 언제나 지구를 생각하면 그 내용이 먼저 떠오르거든요. 주제가 동물 학대나 그런 거였거든요. 환경보호 관련 내용이었는데, 좀. 지나치다 싶을 정도로 생생하긴 했는데. 그게 엄청 충격으로 다가왔어요. 사실 아무렇지도 않게 모피 입고 그러잖아요. 근데. 그런 식으로 동물 학대당하는 거 보니깐.

연구자: 다큐멘터리는 학교에서 수업 중에 본 것인가요? 아니면 개인적으로?

강초록: 집에서 텔레비전으로 봤어요. 다큐멘터리 채널. 채널 돌리다가 관심 있는 거면 봐요. 이 경우도 채널 돌리다가 우연히 본거예요. - 심층 면담

지구의 하위계로는 지구 표면상에서 수권과 지권이 표현되고 있다. 일반적으로 생명권은 천문학적 관점으로 지구를 바라보는 경우에는 표상되기 어렵다. 그러나 혼재된 관점을 지니고 있는 강조록의 경우 스케일이 불일치함에도 불구하고 다른 하위계보다도 자신이 중요하게 생각하는 생물권이 다른 지구의 표상 요소보다 크게 강조되어 나타나고 있다. 이는 ‘지구계 하위계간의 상호작용’ 중 인간과 인간의 상호작용과 더불어 인간과 하위계간의 상호작용을 나타내고 있으며, 특히 인간과 하위계 중 나무로 대표적으로 표상된 식물과 동물로 구성된



생명권의 상호작용을 나타내고 있다. 그림 상으로는 인간과 생명권 사이의 어느 한쪽의 영향을 나타내는 것이 아니라 상호 작용하여 공존하는 모습으로 표현되고 있다. 나무 아래서 인간과 인간이 그리고 동물이 서로 손을 맞잡고 인간이 웃는 형상으로 표현한 것으로 서로의 좋은 상호작용에 의하여 공존하고 있는 것이다. 강초록의 지구 그리기 활동지에 서술한 부분을 살펴보면, 이러한 지구상 생명체 간의 공존을 표상한 배경에는 실제로 자연이 파괴되고 생명체들에 대한 살생이 인간의 행동에 기인한다는 본인의 생각이 있음을 알 수 있다. 즉, 강초록은 지구의 이미지에 인간이 이익을 위해 환경 파괴와 동물 살생에 대한 사회·환경적 문제의식이 투영되고 있으며, 지구 내의 생명권이 공존하기를 바라는 희망을 표상한다.

이와 같은 지구에서의 하위계간의 인간 중심의 환경 파괴와 동물 살생의 연상은 본인의 관심사와 관련되며 관련 다큐멘터리를 시청한 것이 결정적인 역할을 한다. 본인이 가지고 있는 사회적 환경 문제와 동물 보호에 대한 생각에 더하여 다큐멘터리를 본 자극이 자신의 감정에 반응하여 지구의 이미지로 연상되게 된다. 여기에 이 활동에 앞서 실시한 심층 면담에서는 자신의 여행이 과학과 관련된 내용은 없다고 말했던 것과는 달리 순천만이나 우포늪에서 경험한 것들이 이러한 지구 이미지에 환경과 생태계 파괴에 대한 인지에 영향을 주고 있다.

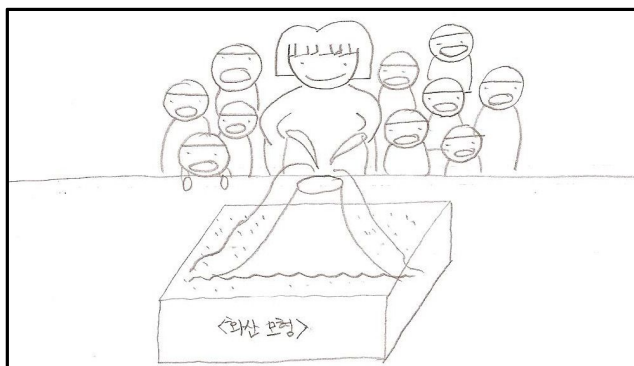
평소 모피나 가방 등의 제작을 위해 동물을 학대·살상하는 것에 대해 매우 부정적인 생각을 갖고 있었다. 동물 보호 협회처럼 적극적으로 반대 운동을 하는 것은 아니지만, 관심 있는 분야라서 지구 이미지에 영향을 미친 것 같다. 또, 고등학생 때 생태계 파괴의 심각성을 다룬 다큐멘터리를 본 적이 있다. 인간이 육구를 위해 생태계를 파괴함으로써 그것이 환경에 얼마나 악영향을 미치는지 알게 되었다. 대표적으로 무계획적인 개발로 인해 국내의 습지가 사라져가고 있는데 그것이 무척 안타깝고 서글프다. 순천만이나 창녕의 우포늪에 다녀온 경험도 생태계가 파괴되고 있는 것에 대한 위기의식을 느끼게 해 준 요인이고, 그것이 지구의 이미지에 영향을 미칠 것이다. - 지구 그리기 활동지

이와 같이, 지구 그리기 활동에서 나타난 강초록의 지구에 대한 심상은 과학적 시각의 접근 보다는 사회·문화적 시각의 접근에 따른 표상으로 들어난다. 그 이유로는 지구과학을 중등교육과정에서 교과로서는 제대로 이해하면서 학습할 환경을 제공받지 못했기 때문에 지구에 대한 이미지가 지구과학을 연상하여 떠

오르는 것이 아니라 본인이 과학 중 관심 있는 분야인 생물 쪽에서 자신의 기존 생각과 다큐멘터리라는 시청각적 경험에 의한 사회·환경 문제와 연관되어 표상되고 있다. 그래서 지구에는 생명체가 평화롭게 공존하는 희망을 담은 자신의 이미지를 표상하고 학문적 관점의 지구과학에 대해서는 어렵고 ‘딱딱하다’라고 한 것이다.

#### 다. 학생들의 체험과 경험을 통한 강한 자극을 중요시하나 교사 중심 시범 실험 수업으로 제한되는 이미지

과학과 관련 문화는 수동적으로 수용하는 경향이 있지만, 사회 교과와 관련된 문화는 여행 등의 능동적인 자세를 보였으며 시각적으로 체험할 수 있는 것에 이해하기 쉬운 인지 특성을 보여 왔다. 이러한 모습은 <그림 14>와 같이 교수 이미지에서도 유사하게 드러난다.



<그림 14> 강초록의 DASTT-C 1차

학생들에게 모형과 같은 것을 보여주는 교사 중심의 시범 실험 방법을 이용하여 수업 주제에 대한 학생들의 체험과 경험을 수업 중에 수행하는 것을 선호하고 있으나 수업에서의 교사의 역할과 수업 전개 방식에 있어서 교사 중심이며 학생들은 교사가 보여주는 시범 실험을 교사의 등 뒤에서 지켜보면서 이해하는 교사 중심 교육 이미지를 지니고 있다. 채점틀로 6점이 나와 ‘교사 중심’과 ‘학생 중심’의 중립 수업으로 보인다. 교사는 과학의 한 수업 형태인 실험 수업

에 있어서 교수-학습의 주체로 실험에 관한 지식의 전달자 역할을 주도하고 있다. 실험 수업이긴 하나 학생들은 교사의 뒤에서 교사가 보여주는 화산 모형실험을 지켜보고 있다. 오로지 교사에게만 실험 세트가 제공되어 있어 실험 수업 중 학생들이 주도적으로 수행하는 실험 수업이 아니라 교사 위주의 시범 실험으로 구별된다. 환경은 큰 탁자가 보여 지나 이 장소가 일반교실이나 과학실 같은 실내인지 아니면 실외인지는 그림 상으로는 알기가 어렵다. 다만, 일반 교실과 같은 학생 책상과 의자가 줄과 열을 이루어 있는 환경이 아닌 것은 확인할 수 있다. 교사는 수업 장소의 전면부의 중심에 위치하여 화산 모형실험을 시범 수업으로 수행하고 있다. 수업의 형태로 실험 수업을 선택한 것은 본인의 경험에 의한 것이다. 이 수업의 주제로 선정한 화산의 내용에 대한 학생 때의 기억은 영화 속에서 본 화산의 모습을 바탕으로 흥미롭게 이해하고 싶었지만, 전통적인 이론 수업에 의해 아쉬움으로 남게 된다. 이러한 아쉬움은 대학교 1학년 강좌 중 다른 조에서 발표한 화산 모형 수업에서 강한 인상으로 남았고, 미래에 학생들에게 실제 체험할 수 있도록 보여주고 싶은 욕구를 형성하게 한다.

그런데, 일반적인 실험 수업은 학생들이 모둠을 이루어 수업하는 게 대부분의 경우인데, 교사만 시범 실험을 하는 이유에 대하여 강조록은 수업 분위기를 언급한다. 본인의 경험에 비추어 학생 때 조별로 실험이나 수업을 하면 집중하지 못하고 산만해진다고 보았다. 그래서 수업의 내용 상 교사만 보여주어도 학생들이 충분히 기억에 남을 만한 자극을 제공해 줄 수 있다고 보고 있다. 또한, 일반적인 시범 실험이나 수업은 교사가 학생들 앞에서 수행 하며, 학생들은 교사의 앞에서 그 모습을 바라보는데, 강조록의 검사지에 묘사된 상황은 차이가 있다. 학생들이 모두 교사와 같은 방향의 시선을 가지고 있다. 즉 교사의 등 뒤에서 교사가 하는 실험 하는 모습과 실험의 과정을 지켜보고 있다.

그냥 화산을 주제로 한 실험 수업 장면인데요. ...(중략)... 그러니까 제가 저희 수업 시간에도 그랬지만, 조별로 하면 좀 산만한 감이 없지 않아 있어요. 근데 이런 건 한번 딱 보면 기억에 딱 남을 만한 실험이고 또 그렇게 산발적으로 하다보면 기억하지 못하는 아이들이 더 많을 거라는 생각을 했어요. 그래서 선생님이 한번 보여주고 (선생님과 학생들이 모두) 다 같이 같은 시선으로 보는 게 가장 학습에 좋을 것 같다는 생각을 해서. -심충면담

과학 수업 이미지로 지구과학을 떠올린 것에도 본인이 제대로 지구과학을 배우지 못했기 때문에 지구과학을 어렵게 생각한 시행착오를 자신이 가르칠 미래의 학생들이 반복하지 않기를 바라는 마음에 있다. 그리고 그 수업 방법으로는 체험의 한 방법으로 실험을 좋은 수업 방법이라고 생각한 것이다. 다만, 학생들의 집중을 위해 교사 중심의 시범 실험으로 수업 하는 것이 효과적이라고 생각한다. 그래서 DASTT-C 채점 결과보다 실제적으론 더욱 교사 중심에 가까운 교수 이미지를 지니고 있다고 볼 수 있다.

연구자: 좋아하는 과학 교과(화학, 생물)가 아닌 지구과학 관련 수업 이미지가 떠올랐는지?

강초록: 그거는 제가 지구과학을 제대로 배운 적이 없기도 하고 또 수업 시간에 항상 흥미를 느끼지 못했기 때문에 이제 제가 가르치는 학생들은 지구과학에 대해서 그렇게 어렵지 않은 느낌을 받았으면 해서. 저랑 똑같은 일이 발생하지 않았으면 해서. -심층 면담

## 라. 초등교사관

강초록은 원래 고고학자가 되는 것이 장래의 희망이었다. 오히려 교사에 대하여 부정적인 시각을 보유하고 있었다. 이러한 교직에 대한 부정적 시각은 자신이 경험한 선생님들과 그로 인해 형성된 교사 집단에 대한 선입견 때문이다, 현실에서 지망하는 대학의 사학과와 고고학과 계열에서 불합격 하여 결국 성적에 맞추어 교육대학교에 진학하게 된다.

고고학자가 되는 것이 꿈이었지만 원하는 대학에 합격하지 못했고, 교대는 성적에 맞추어 오게 된 것입니다. 사실 교대에 들어오기 전까지 선생님이 되고 싶다는 생각은 해본 적이 한 번도 없습니다. 오히려 절대 되지 않겠다고 생각한 것이 선생님이라는 직업이었습니다. 학생시절, 좋은 선생님도 만났지만 교사라는 집단 자체가 상당히 보수적이고 노력하지 않는 안일함으로 오만하게 비춰졌기 때문입니다. 그러나 교대에 와보니, 학생들을 대하는 것이 어렵지만 즐겁고 보람 있는 일이라는 생각이 들었습니다. 그래서 현재 교대에 온 것에 어느 정도는 만족하고 있습니다. -설문

미래에 교사가 되어 과학교과를 가르치는 상황을 상상하여 교사의 전문성 요

소별로 자신의 과학 수업을 예상해보게 하였다. 지식 측면에서는 교육대학교에서 배우는 것에 높은 의존을 하고 있는 것이 보이며, 이는 대학 생활에서 학업 측면에서의 적극성을 띄게 해주고 있다. 기술측면에서는 학생들의 내용 이해에 초점을 두고 있다. 교사로서 학생들의 이해 단계를 체크해가며 그들의 수준에 맞게 설명하는 것이 필요하다고 생각한다. 신념 측면에서는 자신의 학생 때의 불만족스러운 수업 상황으로 인한 과학 교과에 대한 부정적인 인식이 자신이 가르치는 학생들에게 반복되어서는 안 된다는 신념을 지닌 것으로 나타난다.

과학 교과 중 지구과학에 해당하는 부분을 가르칠 때에 지식적 측면에서 본인이 지구과학이 전공인 선생님께 지구과학 내용을 배워본 적이 없고 오로지 이론 수업만 한 것의 영향으로 교수적 내용 지식(PCK)의 부족함도 언급하고 있다. 그래서 기술 측면에서도 다양한 교수법에 대한 경험과 이해가 부족하기 때문에 학생들에게 실험과 같은 방법으로 보여주기 수업에 집중한다.

**지식 측면:** 과학에 대해서 별로 아는 것이 없는 만큼 지구과학에 대해 아는 것도 별로 없다. 교과지식뿐만 아니라 교수적내용지식도 빈약하다.

**기술 측면:** 실험 등을 통한 보여주기 식 수업을 진행하고 싶다. 내 경우에는 눈에 보이지 않아 이해하기 어려웠던 부분들이 상당히 많았기 때문이다.

**신념 측면:** 대학생이 되어서는 과학을 많이 접해보고 알기 위해 노력해야겠다고 생각을 조금 바꿨지만 대학생이 되기 전까지 과학은 내게 무조건 몰랐으면 하는 과목이었다. 그러나 내 학생들은 내 수업을 통해 과학을 어렵지만은 않은 과목이라고 느꼈으면 좋겠다. -설문

결국, 지구과학을 포함한 과학을 지도해야 하는 초등 교사로서의 교사상 형성에 가장 큰 영향을 준 것은 무엇보다도 본인의 학교에서의 경험이다. 강원도의 한 소도시라는 지역적인 영향으로 과학 교육을 상대적으로 충분히 받지 못했다고 생각한다. 지구과학의 경우는 한 번도 지구과학이 전공인 선생님에게 배워보지 못했을 뿐만 아니라, 고등학교에서는 교과를 선택할 기회조차도 주어지지 않았기 때문에, 여러 항목에서 반복해서 이 부분을 상기하고 있다. 이러한 강초록의 성장 배경이 본인의 미래의 교사 임용 지원지역 결정에도 영향을 주고 있다. 강초록은 경험해 보지 못한 새로운 문화를 제공받고자 하는 욕구 보다는 제공받지 못한 교육 여건과 그 영향으로 인한 과학 교과에 대한 인식을 적어도 미래에 가르치는 학생들에게 반복하지 않으려는 신념을 지니고 있다.

## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

지구와 달의 크기를 비교하면 달을 지구의 약 80% 정도의 크기로 달이 지구와 거의 비슷하나 조금 작은 것으로 인지하고 있었다. 태양의 경우는 원래의 자신의 생각에는 지구에 100배 정도로 정확하게는 약 109배 정도 지름이 크다고 기억하고 있다. 태양의 크기는 정확하게 알고 있는 것이고 달의 크기에 대해서는 정확하지 못한 이해를 지니고 있다. 심층 면담을 통하여 태양과 달의 스케일 모형은 모두 학교 교육에 의하여 형성된 것임을 알 수 있었다. 태양의 크기는 수업 중에 숫자로 제시된 정보를 매우 정확하게 기억하고 있었으며, 달의 경우는 교과서에 제시되어 있는 그림을 본 기억을 바탕으로 지구의 크기와 비슷하거나 다소 작을 것이라고 생각하였다.

연구자: 어떻게 알게 됐죠?

강초록: 이것도 그냥 기억으로 (수업 중에) 배웠던 것 같아요. 태양 같은 경우는 숫자로 몇 배로 얘기했던 거 기억이 나서 한 거고. 달 같은 경우는 정확하게 기억은 안 나는데 책에 있는 그림이 대략 비슷하게 그려져 있어서. - 심층 면담

이처럼 강초록의 지구의 크기와 비슷한 달의 스케일 모형을 형성하게 한 것은 교과서에서 제시된 그림에 의한 시각적 자극이다. 일반적으로 교과서에 실린 기능적 구체 모형은 달의 위상 변화의 기능적 설명에 초점을 맞추기 위하여 실제의 지구와 달의 크기 비율을 무시한 경우인데, 이를 사전에 인지하지 못하고 이 그림을 통하여 교육을 받았기 때문에 이 스케일 비율이 그대로 지구와 달의 스케일 모형으로 인지 속에 기억되게 된 것이다.

한편, 지구로부터 달까지의 거리에 대해서는 지구의 지름에 5배 만큼 떨어져 있다고 말하고 있으며, 그림 상으로도 달은 지구로부터 지구 지름의 약 5배 만큼 떨어져 있다. 대부분의 연구 참여자들과는 달리 숫자로 생각하는 비율을 실제 이미지의 비율로 거의 정확하게 표현하고 있는 것이 강초록의 특성으로 보인다.

## 나. 빛의 직진과 그림자

그림자가 생기는 이유에 대해서 ‘햇빛이 지구의 자전으로 인해 지구에 수직으로 들어오지 않고 다른 각도로 들어오기 때문에’ 라고 서술하였다. 문장으로 보았을 때는 무슨 의미인지 명확하게 이해되지 않는다. 다만, 그림자는 햇빛을 무엇인가가 가려서 형성되는데 그 존재가 달로 추정되며 지구의 자전 운동이 관계되고 있다고 생각하는 것으로 보인다. 반면, 달을 볼 수 있는 이유에 대해서는 ‘지구와 매우 근접해 있기 때문이다.’ 라고 서술하였다. 심층 면담을 통하여 달을 볼 수 있는 조건이 물체와의 거리라고 생각한 것으로 확인되었다. 달이 크게 보이기 때문에 달과 지구의 거리가 가깝다고 생각한 것이다. 달의 위상에 대해서는 보름의 위상은 햇빛을 달 전체가 받은 것이고 상현이나 하현과 같은 반달은 햇빛을 보름에 비하여 절반만 받고 있는 것으로 인지하고 있다 .

저는 달 모양이 바뀌는 게. 태양빛을 받는 면적에 따라서 바뀐다고 생각했거든요. 보름달 경우에는 다 빛을 받아서 태양빛을 다 받아서 지구에서 볼 수 있는 거고 그래서 반달은 반만 -심층 면담

빛의 직진과 그림자와 관계에 대하여 바른 개념 모형을 지니고 있으며, 이를 달의 위상에 적용할 때도 오류가 발생하지 않고 있음을 알 수 있다.

## 다. 달의 위상 변화 모형

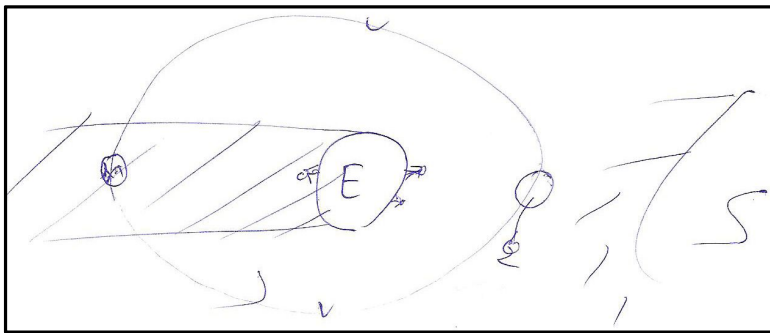
달의 위상 변화의 원인에 대하여 ‘달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다.’를 선택하고 추가로 ‘지구의 그림자가 달 위에 드리워진다.’를 동시에 선택하였다. 그래서 강조록은 자신의 생각 속에 있는 달의 위상 변화의 원인을 가장 잘 설명하는 그림은 선택지에 없다고 하였으며 반사모형과 그림자 모형을 합쳐야 자신의 생각을 가장 잘 설명 할 수 있다고 하였다.

첫 번째 모형은 달의 위상이 달이 광원이 아니며 지구에서 달을 관측하는 것은 일반적으로 사물을 볼 때와 마찬가지로 빛을 달이 표면에서 반사한 것을 의미한다. 달과 지구 모두 태양의 빛을 받아 반사하는데, 태양으로부터 지구로 직진한 빛과 동일 선상에 위치한 달의 지구 쪽 부분은 그림자가 형성되기 때문에

반사할 태양 빛이 도달하지 못하며 그로 인하여 달의 일부가 보이지 않는 것이라고 생각한다. 즉 반사모형과 지구와 달의 공전 궤도면의 차이를 인식하지 못하여 보름 위치에서 그림자 모형을 지니고 있는 것이다.

## 라. 달의 위상변화와 달의 일주

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 15>이다.



<그림 15> 강초록의 달의 위상 변화 개념 그리기

특이한 점은 태양과 지구는 고정되어 있고 달이 지구 주위를 공전하는 궤도적 운동 모형을 지니고 있다는 것이다. 그래서 추가로 ‘달의 모양이 변하는 것은 달과 태양의 지구에서의 위치 때문이다’라고 서술하였다. ‘삭’과 ‘망’의 위치를 도치한 채 설명을 이어가고 있다. 보름의 위치에서는 ‘삭’이 발생한다고 하였는데, 그 이유는 달이 지구의 그림자에 들어가기 때문이라고 하였다. 그래서 이어지는 보름달의 위치에 대한 질문에 ‘삭’의 위치를 가리키며 태양 빛을 모두 받기 때문이라고 생각하고 있다. 달의 모습에 태양 빛을 받는 면적에만 제한된 생각을 하고 우리 눈에 반사되어 보이는 빛의 반사의 법칙에 따른 반사 경로를 생각하지 못하기 때문이기도 하다. 강초록은 개념 그리기에 추가하여 ‘달이 태양빛을 받지 못하면 지구에서는 달이 보이지 않는다. 달이 태양빛을 얼마나 받느냐에 따라서 지구에서 보는 달의 모양이 바뀐다.’라고 기술하였다. 즉, 달의 위상은 달이 반사하는 태양빛과 지구에서 볼 수 있는 달의 공전 궤도 안쪽에 대하여 동시에 고려하여야 하는데, 강초록은 전자만을 고려하고 있는 것이다. 그래서 설명 과정 중 잠시 이를 떠올렸는지 갈등하는 모습을 보이기도 한다.



연구자: <보름의 위치를 가리키며> 이 위치에서 달이 어떻게 보이는 건가요?

강초록: 안 보이는 걸로. 지구에 가려져서 태양 빛을 받지 못해서.

연구자: 그림자가 생긴다는 뜻인가요?

강초록: 네. 그림자요.

연구자: 보름달은?

강초록: 보름달은 <삭의 위치를 가리키며> 이쪽에 있을 때. 반대인가? 하하하

연구자: 태양빛을 다 받으니까?

강초록: 네 - 심층 면담

한편, 달이 공전 주기는 달의 위상 변화 주기와 동일하게 30일로 생각하고 있었고 그 이유를 음력 15일이 보름인 것에 기반을 두고 있어 달의 위상 변화가 달의 공전에 의한 현상임을 알고 있는 것으로 보인다.

**한 달. 30일. 보통 음력 15일에 보름달을 볼 수 있다고 하잖아요. 그러니까 (두 배) - 심층 면담**

또한, 강초록은 우리나라에서 보름달을 볼 수 있을 때, 같은 날 다른 나라에서는 보름달로 관측되지 않는다고 하였다. 그 이유로는 우리나라의 위치가 실제 천문시간을 기준으로 24시 위치일 때, 12시 위치에 있는 사람들은 우리나라와 반대쪽에 위치하고 있어 보이지 않는다고 하였다. 마찬가지로의 원리로 24시 근처에서는 보름에 가까운 위상을 지니는 것으로 생각하고 있었다. 비록 달의 30일간의 위상 변화 주기가 달의 공전 주기와 일치하는 것은 알고 있었지만, 달의 위상 변화가 달의 공전과 관계된 것이 아니라, 태양과 달과 이루는 각도가 지구 표면에서 어느 경도 상에 위치하느냐에 따라 변한다고 생각하였기 때문이다. 그럼 30일의 위상변화를 자신의 개념 그리기를 이용하여 설명하려면 지구 표면의 각각 다른 위치는 30일에 한 번 변해야 하는 즉, 지구의 자전 주기가 30일이 되어야 하는 것임에 불구하고 그림상의 지구의 자전 주기는 365일로 생각한다. 이는 하루가 24시간임을 알고 있음에도 불구하고 지구의 공전 주기와 혼동하고 있는 것으로 보이나 궤도적 모형에 문제가 있는 것이다. 그래서 태양의 일주 운동에 관한 질문에서 태양의 일주 운동은 하루에 한 번 일어나면서 이 운동이 자전과 관련된 것을 알기에 앞서 지구의 자전 주기를 365일로 생각한 것과 본인의 개념 모형으로 설명할 때 분명히 모순 사건임을 심층 면담 중에

깨달아 가면서 인지 갈등이 발생하게 된다. 즉, 불일치함을 점차 인지하면서 이미 초기 모형에서 그 변화가 시작되고 있는 것이다.

연구자: 지구의 자전 주기, 즉 <개념 그리기 그림에서 우리나라 위치를 가리켜 한 바퀴 원을 그려 움직이며> 다시 돌아오는 데 걸리는 시간이 얼마죠?

강초록: <한참 생각 후> 음. 365일 인가.

연구자: <재차 확인하기 위하여> 여기서 여기로 오는데?

강초록: 네

연구자: 하루의 길이는 얼마죠?

강초록: 24시간. 하하하.

연구자: 태양과 달이 뜨고 지는 방향이 어느 방향으로 같은 거죠?

강초록: 동에서 서로

연구자: 왜 태양이 뜨고 지죠?

강초록: 지구가 태양 주위를 자전하면서 자전하니깐.

연구자: 태양이 하루에 몇 번 뜨죠?

강초록: <말꼬리를 흐리며> 한 번이요. 오~오! <목소리가 커지며> 뭔가 이상한 데 어어!

연구자: 달은 왜 뜨고 지죠?

강초록: 어! 그것도 지구가 자전해서. 어! 이상한데. - 심층 면담

강초록은 이러한 달의 뜨고 지는 시간이 매일 다르며, 이는 자신의 관찰 경험에 의한 것이라고 말하고 있다. 이러한 관찰 경험을 자신의 개념 그리기로 표상된 초기 모형으로 설명하지 못하고 있다. 이러한 관찰 경험을 초기 모형으로 설명하지 못하는 상황 자체는 불만족이라 볼 수 있고, 이 역시 불만족을 해소하는 방향으로 자신의 모형을 발전시켜야하기에 모형의 진화가 시작되었다고 볼 수 있다.

연구자: 매일 달이 뜨는 시간이 다르다고 했는데 어떻게 다르죠?

강초록: 초저녁에 명확하게 보이는 날도 있고요. 어! 초저녁에는 안보이다가 이제 한밤중. 해가 완전히 지고 난 다음 깜깜해 지고 나서 보이는 그런 것도 있고요.

연구자: 근거가 관찰인가요?

강초록: 네

연구자: 개념 그리기로 설명할 수 있나요?

강초록: 음.<한참 생각 후> 그건 잘 모르겠어요. -심층 면담

## 제 4 절 한차이의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 싫지 않지만 제한된 수업 경험으로 이해하지 못해 어려운 과학

고등학교에서 문과 계열이었기 때문에 과학 과목으로는 ‘공통과학’만을 이수하였다. 한차이의 경우는 초등과 중등 교육과정을 거치면서 두 차례에 걸쳐 중국에서 학교를 다녔는데, 첫 번째 중국 학교 시절은 초등학교 3학년 때부터 5학년까지 약 3년간 중국에 있는 한국인 학교를 다녔다. 두 번째 시기는 한국에서 고등학교 1학년을 마칠 때 중국으로 건너 가 나머지 고등학교 2년을 중국의 현지인 학교에서 공부를 하게 된다. 그래서 과학 관련 과목을 한국에서 이수한 것은 ‘공통과학’이 전부이고 중국에서 배운 과학 교과는 수업을 거의 전혀 이해하지 못했기 때문에 무의미 하다고 말하고 있다. 여기에는 현지인 학교를 다녔기 때문에 정확한 의사소통이 안 되는 것과 중국의 과학 수준이 너무 어려운 것이 주된 이유이다.

연구자: 중국 학교에서 과학 수업은?

한차이: 배우긴 배우는 데, 제 수준을 훨씬 상회하는 수준을 배우더라고요. 문과인데도 우리나라 이과수준으로. 언어도 다르고 하니깐. 중국어로 다 설명을 하니깐. 제가 현지인 학교를 다녀서, 한국인 학교는 초등학교 3학년부터 5학년까지 3년을.

연구자: 초등학교 때부터 중국에서 가르치는 과학 수준이 높았나요?

한차이: 아뇨 그 때(초등학교)는 비슷했어요. 고등학교 때 갑자기. - 심층 면담

한국에서 배운 유일한 과학 과정이 ‘공통과학’인데 많은 부분을 기억하지 못하고 있다. 특히 공통과학을 지도해 주신 선생님의 대해서 기억하지는 못한다. 그래서 공통과학 수업이 정확하게 어떤 방식으로 수업이 진행되었는지를 알지 못한다. 한차이는 시간이 흘러서 잘 기억을 못하겠다고 인터뷰 초반 부에 말하고 있지만, 과학 선생님의로부터 강한 인상을 받지 못했기에 과학 선생님의 대해서 거의 기억을 하지 못하고 있다. 반면, 일반 사회의 경우는 교사로부터 강한 인상을 받았으며 심지어 선생님의 대해서는 처음엔 기억하지 못하다가 인터뷰

류 중에 이름까지 떠올릴 정도로 기억을 지니고 있다. 중학교 때의 과학 선생님에 대해서는 기억을 하는 것으로 보아 과학 교과에 대한 상대적으로 낮은 호감도 뿐만 아니라 고등학교 공통과학을 지도한 선생님에 대하여 기억이 될 만한 자극을 받지 못했던 것으로 보인다.

이러한 경향성은 교과에 대한 호감도로 이어진다. 가장 좋아하는 교과는 사회 교과인 역사이다. 시간적 흐름에 따라 사료가 명료하게 주어지는 것이 이해하기도 쉽고 서사적인 것도 있어서 정서적으로 공감이 되기 때문이다. 하지만, 수학의 경우는 반복해서 계산하는 것을 초등학교 저학년 때부터 매우 싫어하게 된다. 그래서 수학을 어려서부터 공부를 많이 안하다보니 못하게 되고 결국은 다시 싫어하게 되는 교과가 된다.

과학 교과에 대해서는 수학과 달리 싫어하지는 않으나 어려워한다. 스스로는 중고등학교 때의 제한된 수업 방법으로 학습한 것을 그 원인으로 보고 있다. 학교에서는 오로지 텍스트 위주의 교과서로 배우다 보니 본인이 직접 과학의 현상을 경험하거나 눈을 통하여 시각적 자극을 받지 못해서 이해를 하지 못하고 외운 기억만을 회상한다. 또한 경험했던 선생님들이 내용을 가르치시는 데 있어서도 교과서를 벗어나 학생들의 흥미를 유발하는 내용을 첨가하지 못하시고 그냥 과학 내용을 교재에 한하여 전달하신 게 과학 교과를 재미없게 만든 요소로 보고 있다. 반면, 본인이 좋아하는 국사나 역사에서는 선생님들이 학습내용에 살을 덧붙여서 흥미를 이끌어 주셨다고 한다. 이와 같이 한차이가 경험한 과학 교과의 어려움은 과학 교과의 특성 보다는 학생들의 흥미를 유발해주는 노력을 하지 못하고 전형적인 교과서 내용으로 한정된 교사 중심의 전통식 수업으로 인한 것이다.

과학을 싫어하기보다는 어려워합니다. 경험이나 눈에 보이는 현상을 통해 배우기보다 교과서 및 텍스트 위주로 배우다보니 이해가 어렵고 이론적인 내용을 억지로 외우는 경우가 많습니다. -설문

연구자: 과학이 왜 어려운 것 같나요?

한차이: 그동안 선생님들이 가르쳐 주신 거 생각해 보면, 교과서에 있는 거 그 내용 가지고 더해서 설명 해주시지도 않으시고 참고서에 있는 내용 그 이상도 설명 안 해주셨던 거 같아요. - 심층 면담

이처럼 과학을 싫어하지는 않지만 재미없는 전통적 수업을 해주었던 과학 선생님들의 영향으로 과학이 재미가 없고 이해할 수 가 없어 어려워했다. 그래서 과학 교과 내에 서의 선호도에는 본인 생각에 따른 교과 이미지가 반영되어 있다. 가장 좋아하는 과목부터 싫어하는 과목 순대로 나열 하면, 지구과학, 생물, 화학 그리고 물리 순이다. 지구과학과 생물은 물리나 화학에 비하여 눈에 보이는 현상을 설명하려는 이론적 내용으로 구성되어 이해하기 쉬우며, 물리나 화학 보다는 우리 생활과 가깝다고 느끼고 있다. 본인이 싫어하는 수학이 등장하는 공식으로 구성되어 있는 물리와 화학의 원리와 법칙 같은 것을 전통적인 수업 방법만 고수했던 선생님들의 수업 속에서는 눈으로 보이지 않는다고 생각한다. 그래서 현실의 세계에서 적용하기가 매우 어려웠던 것이다. 물리 교과서의 경우는 선생님이 잘 가르쳐 주셨는데도 본인이 물리의 개념을 추상적이라고 생각하여 이해를 하지 못하니까 어렵고 싫어하게 된다.

**중학교 때 물리는 잘 가르치셨는데 제가 이해를 잘 못해서 ...(중략)... 사실 물리와 화학은 저는 개인적으로 약간 추상적으로 느껴져서요. 이런 역학적인 공식..  $F=ma$  이라던가 그런 게 전혀 와 닿지가 않아서. - 심충 면담**

과학에 대한 한차이의 인식은 앞서 살펴 본 바와 동일하게 나타났다. 사회적 문제 중 과학과 관련된 것은 많은 것으로 생각하고 과학의 중요하며 다른 교과에서도 사용할 수 있을 것이라고 생각하나 과학 문화를 접해 본 적이 없다. 그리고 과학에 대하여 흥미는 어느 정도 있으나 과학은 재미없게 생각하고 새로운 과학 내용을 배우는 것에 두려움을 나타냈다. 즉, 과학에 대하여 대체적으로 관념상 중요하며 생활과 관련이 많은 이상적인 교과인 반면, 현실에서는 과학 문화와 접하지도 않고 스스로 접하려고 노력하지도 않으며 실제 생활 속에서 겪지 않는 어려운 교과로 인식하고 있는 것이다.

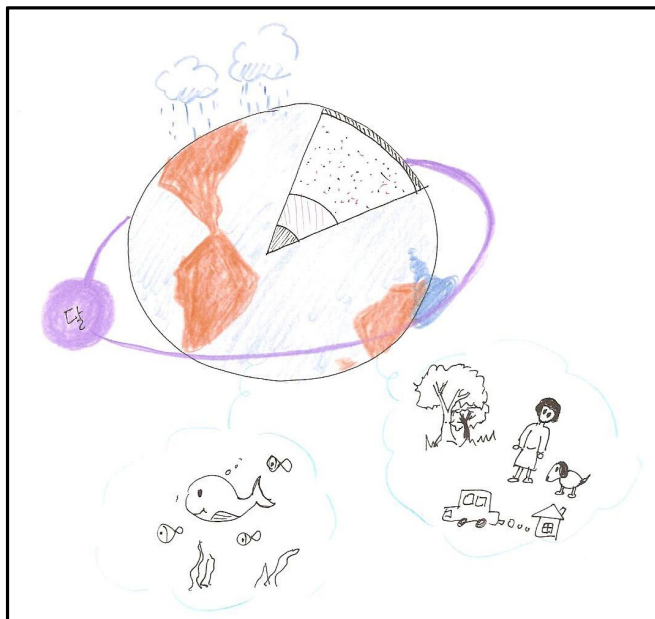
#### **나. 다양한 자연 현상으로 인식되는 지구의 지구과학 교과 이미지**

과학 교과 중에서는 상대적으로 좋아하는 교과가 지구과학인데, 이유는 지구과학이 설명하는 부분이 현상 중심이고 현상으로부터 결과를 설명해 나간다는 점이 이해하기가 쉬운 부분이라고 말하고 있다. 즉, 지구과학의 교과로의 인식

은 교사나 문화의 영향 보다는 교과 자체에 대한 자신의 인식에 기인한다.

중, 고등학교 때 과학 과목은 타 교과에 비해 어렵게 느껴졌고, 이에 대한 스트레스가 있었어요. 지구과학은 어려워했던 물리, 화학 분야의 내용보다 상대적으로 쉽게 다가왔지만, 타 교과에 비해선 어렵다고 느꼈어요. 사실 물리와 화학은 저는 개인적으로 약간 추상적으로 느껴져서요. ...(중략)... 지구과학은 뭔가 현상이 있고 또 그런 게 파생되는 결과도 있고 그래서 (상대적으로) 이해가 쉬웠어요. 재미 있고 -심층 면담

과학 교과 중에서는 현상과 그 현상으로 파생된 결과가 있어 상대적으로 호감이 높았던 지구과학에 대한 인지 특성은 <그림 16>처럼 지구 그리기에서도 잘 나타나고 있다.



<그림 16> 한차이의 지구 그리기

지구의 심미적 가치 측면에서는 우주에서 바라본 천문학적 관점과 자신의 주변에서 직접 본 경험을 주로 나타내는 일상적 관점이 동시에 나타나고 있다. 이러한 혼재된 관점의 표상은 지구에 대한 직접적인 시각적 경험과 간접적인 시

각 경험을 바탕으로 한 것이다. 한차이의 경우는 두 경험이 분리되어 나타난 것이 아니라, 지구의 외형은 천문학적 관점으로 표상하고 지구의 표면에 생존하고 있는 사람, 동물, 식물 등과 집과 자동차와 같은 문명 등을 지표의 일부분을 확대하여 일상적 관점으로 표상하여 두 경험이 ‘지구’에 대한 인지구조 속에 연결이 되어 있는 것이다. 실제 심층 면담을 통하여 확인한 결과, 주로 전통적인 수업에 의한 지구과학 교과에 대한 학습 경험의 표상이다.

교과서로, 다른 건 전혀 없었어요. 그냥 칠판에 그러서 설명해 주셨던 거 같아요. - 심층 면담

지구의 하위계로는 지구 표면상에서 수권, 지권, 기권과 생명권이 모두 표현되고 있다. 일반적으로 생명권은 천문학적 관점으로 지구를 바라는 경우에는 표상되기 어렵다. 그러나 혼재된 관점을 지니고 있는 한차이의 경우 수권과 지권의 일부를 돋보기처럼 확대하여 생명권을 묘사하고 있다. 수권을 확대한 경우는 바다 생태계가 표현되어 있고 지권의 경우는 사람, 동물, 식물 그리고 문명이 표상되어있다. 지권의 경우는 지표뿐만 아니라 부분적이기는 하나 직접 볼 수 없는 지구 내부의 구조를 나타내고 있다. 또한 기권의 경우도 일상적인 구름과 비뿐만 아니라, 허리케인처럼 직접 관찰한 대상이 아닌 것을 나타내기도 한다. 이는 지구의 이미지가 지구과학 교과의 학습에 의한 개념의 표상임을 짐작하게 해준다. 마찬가지로 ‘지구계 하위계간의 상호작용’을 직접적으로 표현하지는 않은 것으로 한차이는 하위계간의 영향을 사회적이나 환경적 문제점으로 인식하기보다는 각각의 하위계 속에서 공존하는 개별적인 자연 현상으로 인식하고 있다. 그래서 ‘과학과 기술’ 항목으로는 수중 생태계, 달의 공전, 기상 현상, 허리케인, 육상 생태계와 문명이 표현되고 있다.

‘지구’라는 단어에 가장 먼저 떠오른 이미지는 지구본 모양의 거대 행성이었다. 육지와 바다로 구별되는 지구 모습과 더불어, 지구 주변을 도는 ‘달’과 태양계의 전체적인 모습이 연상되었다. 태양계의 모습은 그림으로 표현하는 데에 한계가 있어 그리지 못했다. 기존에 지니고 있었던 ‘지구과학’에 대한 관념 때문인지 지구 내부 구조와 기상현상에 대한 내용이 떠올랐고, 간단하게나마 이를 그림으로 표현해보았다. - 지구 그리기 활동지

이와 같은 지구에 대한 지구과학 교과적인 접근으로의 표상은 지구과학 학습에 의한 경험의 표상이다. 활동지에서도 한차이는 ‘지구과학’ 교과 내용에서 지구의 이미지를 떠올렸다고 서술하고 있다. 또한, 지구에 대하여 거시적 단계에서 미시적 단계로 이어지는 혼재된 관점을 지니고 있고 이러한 이미지는 전형적인 학교 수업의 표상임을 확인할 수 있다. 그런데, 이때의 학교 수업은 앞서 살펴본 바와 같이 고등학교 ‘공통과학’ 수업이 아니라 중학교의 과학 수업인 점은 특이하다. 그렇다고 중학교 과학 수업에 강한 인상을 받은 지구과학 내용이 표상되고 있지는 않다. 주로 교과서와 칠판을 이용한 전통적인 수업을 받은 한차이에게는 수업 중에 경험한 외적 자극에 의한 표상은 아닌 것으로 생각된다. 오히려, 지구과학의 과학 교과 중 현상학적 내용이 상대적으로 많다고 생각하고 있는 교과로서의 지구과학 학습 내용에 의한 이미지 연상에 의한 표상으로 유추할 수 있다. 그래서 지구과학에서 다루는 다양한 분야인 지질, 대기, 해양, 천문 등에서 나타나는 현상이나 개념들인 지구 내부구조, 기상 현상, 해양 생태계 그리고 달의 공전과 같은 이미지들이 표상되고 있는 것이다.

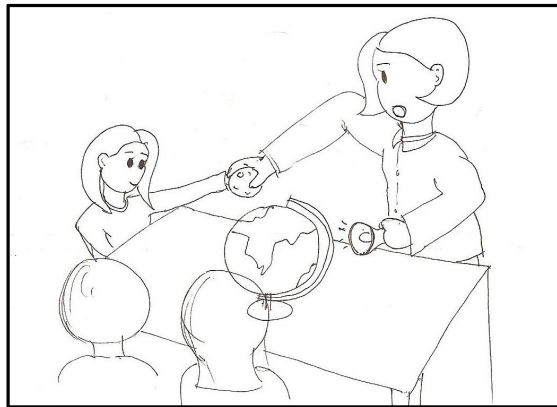
지구 이미지에 가장 큰 영향을 미친 요인은 학교의 지구과학 수업 내용이었다. 기존에 배운 지식으로 인해, ‘지구’라는 단어로부터 즉각적으로 연상된 이미지는 모두 지구과학과 관련된 것들이었다. 지질, 지구 내부구조, 기상현상, 달과 태양계 모두 지구과학 내용으로부터 떠올린 이미지들이다. 이미지 연상이 우주, 태양계에서 지구 생물까지, 거시적 단계에서 미시적 단계로 이어진 이유는 평소 우주 및 행성에 대해 관심이 많았기 때문이 아닐까 유추해본다. - 지구 그리기 활동지

이와 같이, 한차이의 지구에 대한 심상은 지구와 관련된 다양한 경험에 의한 것 보다는 제한적으로 지구과학 교과라는 학문적 시각의 접근에 따른 표상으로 들어난다. 그 이유로는 지구과학이나 과학에 관련된 능동적이든 수동적이든 문화적 경험이 거의 없으며, 지구와 관련되어 연상되는 다른 경험이나 자극이 나타나지를 않는다. 오로지 지구과학을 중등교육과정에서 교과로서 학습한 내용들이 지구에 대한 이미지로 연관되어 표상되고 있다.

다. 과학에서 학생들의 시각적 자극과 같은 체험을 중요시하나 모형을 이용한 설명 수업으로 제한되는 교사 중심 이미지



과학과 관련해서는 다른 경험보다는 학교 수업이라는 제한된 경험 속에서 과학에서 현상이 나타나서 직접적이든 간접적이든 시각적으로 명료한 내용들을 이해하기 쉬워하는 인지 특성을 보여 왔다. 이러한 모습은 <그림 17>과 같이 교수 이미지에서도 유사하게 드러나고 있다. 학생들에게 ‘달의 위상 변화’라는 현상을 모형을 이용하여 시각적으로 체험하게 하되 원리 이해에 중점을 두는 교사 중심 교육 이미지를 지니고 있다. 채점틀로 7점이 나와 ‘교사 중심’과 ‘학생 중심’의 중립 수업으로 보인다. 교사는 과학의 한 수업 형태인 모형 수업에 있어서 교수-학습의 주체로 설명하고자 하는 현상을 모형을 이용하여 설명하는 지식의 전달자 역할을 주도하고 있다. 모형을 이용하여 학생들에게 간접 체험을 제공하는 수업이기는 하나 교사가 시범 수업 형태로 지구본과 달 모형에 손전등을 비추어 보여주며 설명하는 모습이다. 학생 중 한 명이 달 모형을 잡고 있기는 하나 선생님과 함께 잡고 있는 모습으로 적극적인 수업 참여 보다는 선생님의 설명을 위해서 달의 모형을 들고 있는 보조자의 역할에 불과하다. 나머지 학생들은 가만히 앉아서 그 모습을 보면서 교사의 설명을 듣고 있다.



<그림 17> 한차이의 DASTT-C 1차

환경은 실험실용 탁자 위에 지구본을 놓고 모형 수업을 하고 있기 때문에 과학실로 추정할 수 있다. 다만, 그림 상으로는 한 개의 책상만 보여 나머지 책상의 배열은 알 수 없다. 한편, 교사 책상이 별도로 존재하지 않으며, 교수의 상징인 칠판이나 스크린 등이 존재하지 않는다. 따라서 수업 환경 측면에서는 학생

중심의 성향이 나타나나 교사나 학생들의 수업 중의 모습은 교사 중심의 수업에 가깝게 나타나고 있다. 실제 면담을 통해 확인해본 것으로도 수업이 교사의 설명을 들은 후, 학생들이 그것을 확인하는 절차를 따라서 수행하게 된다.

이러한 수업을 연상하게 된 배경에는 학교 수업에서의 아쉬움이 존재한다. 한국에서 보낸 중학교와 고등학교 1학년까지의 과학 수업 중에 늘 새로운 자극보다는 교과서와 칠판을 도구로 진행된 선생님 중심의 수업에서는 관심 있던 현상들을 이해하기가 어려움이 앞서게 된다. 현상을 이해하기에는 적어도 모형과 같은 도구를 사용하는 게 유용할 것이라 생각하기에 눈으로 보고, 손으로 만져보는 모형을 활용한 수업을 희망한다. 만약 이렇게 오감을 자극하는 방법을 수업에서 사용한다면, 동일한 수업 내용이라도 훨씬 학생들의 흥미를 이끌어 수업에 대한 집중도를 높일 수 있 것이라 생각한다. 그래서 자신의 미래의 과학 수업에서는 이러한 간접적이더라도 오감을 자극하여 학생들이 체험할 수 있는 모형 수업을 생각하게 된다.

전체에 관한 수업을 할 때, 교재 상의 텍스트와 그림만으로는 이해되지 않는 부분이 많았어요. 모형들이나 기구를 이용하였다면 훨씬 이해가 쉬웠을 텐데.. 그런 아쉬움이 있어 위와 같은 그림을 그리게 되었어요. ...(중략)... 학교에서의 과학 수업은 ‘체험’을 바탕으로 한 수업이 지극히 적었던 것으로 기억해요. 이는 과학 수업을 무료하고 ‘뻘한’ 수업으로 만들어버렸으며, 학생들의 집중도도 낮고요. 내가 과학 수업을 하게 된다면, 학생들의 오감을 심분 활용하여 효과적이고도 재미있는 수업을 진행하려고요. -심충 면담

과학 수업 이미지로 지구과학을 떠올린 것에도 본인이 어려워하는 과학 중에서 상대적으로 학습 내용이 기억에 많이 남고 현상에 대해서 설명한다는 생각에서이다. 특히 달의 위상 변화라는 현상을 중등학교에서 배울 때, 수업 중에 자신에게 부족하게 제공되었다고 생각 되는 것을 연상하고 있다. 그런데, 이 DASTT-C 1차 검사하기 전에 동일한 지구과학 내용에 대하여 교수가 강의 중에 보여준 모형을 이용한 설명이 자신이 받아왔던 수업의 부족한 모습으로 여겨지고 있다. 그래서 모형을 이용한 시각적 자극이 달의 위상 변화를 이해하는데 도움이 된다고 생각한다. 다만, 그러한 경험이 학생 스스로 탐구를 통하여 찾아가는 과정까지는 고려하지 못하고 교사가 보여주는 교사 중심의 교수법에

한정되고 있다. 그래서 실제로 좀 더 교사 중심의 교수 이미지를 지니고 있다고 볼 수 있다.

## 라. 초등교사관

중국과 한국을 오가며 초등과 중등 교육과정을 접하게 된다. 이러한 시스템의 변화 속에서 자유로운 사고와 활동을 허용하지 않는 한국의 학교 시스템과 교사들의 교육방식에 실망을 하게 된다. 특히 전 교과를 가르쳐야 하는 초등학교 선생님들이 교육 방법 측면에서 변화를 추구하지 않고 노력하지 않는 무기력한 모습에 회의를 가지게 된다. 이러한 실망은 교과별로 전문성을 지닌 교사가 지도하는 중등학교 과정을 거치면서도 지속되게 된다. 이러한 실망감은 중국과 한국의 교육 문화 차이에서 다 강하게 각인된 것으로 보인다. 그래서 한차이는 이러한 교육 환경의 책임을 주로 교사의 역할에 있다고 보고 자신과 같은 학생들이 생기지 않았으면 하는 심정으로 교육대학교에 진학하게 된다.

중국 생활을 마치고 한국 학교에 진학하였을 때, 우리나라 학교의 시스템과 선생님의 교육방식에 많은 실망을 하였습니다. 자유로운 사고와 활동을 허용치 않는 분위기 때문에 정신적으로 억압받았고 스트레스가 심했습니다. 무능하고 무기력한 선생님이 가득한 학교에 대해 회의를 들었고, 이에 다시는 저와 같은 학생이 생기지 말았으면 하는 바람에서 교사를 진로로 정하게 되었습니다. -설문

이와 같은 한차이의 심리 상태는 교사상에서도 잘 들어난다. 자신의 학생 시절의 경험에 의하여 한국에서의 교육 환경의 수업 내에서 학생들의 자유로운 사고와 활동 보다는 주입식 교육이 이루어지는 것에 대하여 교사의 역할이 잘못되었다고 보고 있다. 그래서 교사의 역할은 학생들에게 표현 할 기회를 주는 것이라 생각한다. 교사는 학생들의 학습 측면에서든 진로 지도 측면에서든 학생들을 돕는 조력자로 역할을 생각하고 있다. 즉, 한차이의 교사상은 교사의 지식 측면의 전문성 보다는 교사의 열린 수업 방식과 같은 기술적 측면과 이러한 수업 방식을 추구하는 교사의 자세로서의 신념 요소 부분이 강조되고 있다.

제가 학교를 다니며 느낀 바로는, 학교가 학생 개인의 역량을 최대한으로 발휘

하게 해주는 기회를 제대로 제공해주지 못하고... 교실에서는 교과서 진도 나아가기 급급하고 학생들은 새로운 생각이나 시도를 해 볼 기회조차 없어요. 비록 주어진 시간과 환경이 제한적이긴 하지만, 학생들이 다양한 활동에 참여하고 재능을 꽃 피울 수 있게 돕는 것이 교사의 역할이라고 생각해요. 또한 학생들이 배우는 활동 그 자체를 즐겁게 받아들이게 하여 자신의 사고가 확장되어 가는 기쁨과 즐거움을 느끼게 한다면 억지 주입식 교육을 강요할 필요가 없어질 것이고, 이는 학생 스스로 자신을 계발하고 자발적으로 학습에 참여하게 하는 동력이 될 거라 생각합니다. - 심충 면담

학과 지망에서는 문과 성향이 뚜렷하게 나타났다. 사회와 언어를 좋아하는 문과 성향을 지녔기에 주로 문과 계열 학과를 상위에 지망한 반면, 수학과 과학을 비롯한 이과 계열의 학과가 하위 지망에 해당한다.

미래에 과학교과를 가르치는 상황을 상상하여 교사의 전문성 요소별로 자신의 과학 수업을 예상해보게 하였다. 지식 측면에서는 교사로서 지녀야 할 교과 내용지식과 교육과정지식을 바탕으로 교수적 내용 지식(PCK)을 이용하여야 효율적인 수업이 가능할 것으로 보았다. 기술과 신념 측면에서는 본인의 경험을 바탕으로 한 소위 무능력한 교사의 반대의 모습을 보이고 있다. 학생들의 수업 내용에 대한 이해도와 어려움을 파악해야 하며, 수업 내용에 대한 흥미 유발과 이해를 시킬 방법으로 질의응답과 토론을 생각하고 있다. 그래서 교사는 열의를 가지고 수업 방법을 연구하고 설계하는 데 많은 시간을 투자해야 한다고 생각을 하고 있다.

**지식 측면:** 교과지식과 교육과정지식을 튼튼히 쌓아둔 상태에서, 교수적내용지식을 이용하여 효율적인 수업을 진행한다.

**기술 측면:** 다양한 평가 방법으로 학생들의 이해도 및 어려움을 파악하고, 활발한 질의응답과 토론을 통해 과학에 대한 흥미와 이해도를 증진시킨다.

**신념 측면:** 매 시간 충실히 수업 준비를 하며, 학생들의 실험, 탐구 방법을 연구하고 설계하는 데에 열의를 가지고 많은 시간을 투자한다. - 설문

지구과학에 해당하는 부분을 가르칠 때에 대해서는 위와 같은 질문을 하였다. 지식측면은 과학 교과를 가르치는 것과 유사한 생각을 가지고 있으나 기술적 측면에서는 보다 구체적으로 수업 내용이나 대상을 시각화 할 수 있는 자료를 활용하여 학생들의 흥미를 이끌 것을 염두 해두고 있는데, 이는 지구과학에

서의 시각적 자료의 중요성을 경험상 인지하고 있기 때문이다. 특히, 지금까지 배워왔던 제한된 수업 방법이 아니라 영상을 이용하거나 직접 모형을 이용하여 시연하는 것을 강의 중에 경험한 것이 지구과학을 가르치는 교사의 기술적 측면과 이러한 수업 방법을 연구하고 준비하는데 반성을 중요한 신념으로 요구하게 된 배경이 된다.

**지식 측면:** 지구과학에 대한 상당한 배경지식은 물론 교육과정지식 및 교수적 내용 지식을 갖추어 필요시 교과서 밖의 내용까지도 수월하게 전달할 수 있다.

**기술 측면:** 각종 교구와 시각적 자료들을 이용하여 지구과학의 이해도를 높이고 학습에 대한 흥미를 높게 유지시킨다.

**신념 측면:** 매 시간 수업 효과를 극대화할 수 있는 장치들을 연구하고 준비하며, 수업 후 반성과 점검을 통해 향후 수업 방향을 결정한다. 늘 지구과학 공부를 게을리 하지 않아 수업에 자신감을 가진다. -설문

**연구자:** 과학 수업과 지구과학 수업에서 기술적 측면에서 차이는?

**한차이:** 지금 이 수업을 들으면서도 느끼는 게. 아 진짜 그냥 설명만으로는 (지구 과학에서는) 이해할 수 없는 부분이 너무 많아서 진짜 영상 이라든지 아니면 직접 교수님이 해주시는 것처럼 그렇게 아이들을 이해시키는 게. 바가지(노란색 반구)를 들고 하신 달 설명처럼. - 심충 연담

결국, 한차이의 지구과학을 포함한 과학을 지도해야 하는 교사로서의 교사상 형성에 가장 큰 영향을 준 것은 무엇보다도 본인의 학교에서의 경험이다. 본인이 받아온 학교 교육에서는 과학의 흥미를 유발 하고 과학을 쉽게 이해할 수 있도록 수업 중에 다양한 수업 방법을 선생님들이 충분히 제공하지 못했다고 생각한다. 특히 이러한 제한된 교사 중심의 수업은 과학뿐만 아니라 대부분의 교과에서 이루어졌고 한차이는 이를 교사의 무기력함에 기인한다고 본다. 이러한 학교 교육과 교사에 대한 불만감은 한국과 중국 교육을 두 차례씩 교대로 받으면서 더욱 강하게 인지된 것으로 보인다. 따라서 한차이는 자신이 경험해보지 못한 과학 수업에서의 다양한 수업 방법에 의한 과학에 대한 흥미 유발과 수업 내용에 대한 이해 증진이 과학 교육에서 중요하다고 생각하고 이는 교사가 중심이 되어 개선해야 된다고 본다. 그래서 자신이 미래에 가르치는 학생들에게는 무기력한 교사들의 제한된 교사 중심의 수업으로 인한 학생들의 과학 교과에 대한 흥미 반감과 어려움이 반복되게 하지 않으려는 신념을 가진다.

## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

지구의 크기가 달의 6~7배 정도 크다고 인지하고 그리기 표상에서는 지구가 달의 지름에 2배가 되게 표현하였다. 태양의 경우는 지구에 60배 정도로 지름이 크다고 기억하고 있으나, 질문지 공간이 좁아서 제대로 표현하지 못했다고 한다. 한차이는 스케일 측면에서 정확하지 못한 이해를 지니고 있다. 심층 면담을 통하여 태양의 스케일 모형은 관련 책이나 교과서에서 숫자로 제시된 자료를 본 기억이며 달은 유치원 때 째 만화로 그려져 있는 과학 도서에서 본 기억의 표상이다. 경험의 기억들이 모두 태양의 크기와 달의 크기에 대한 짐작을 하게 할 뿐 자신에게 확신을 가지게 하는 기억은 아닌 것으로 표현하였다.

이처럼 자신이 기억하는 혹은 짐작하는 태양과 달의 크기에 대한 근거를 명확하게 회상하지는 못했지만, 학교 수업과 관련하여 제공 받은 태양의 크기의 정보는 숫자에 의한 자극이라는 점은 기억하고 있었다. 실제 관련 해당 단원은 한차이가 국내에서 학교 교육을 받았던 중학교 2학년과 3학년에서 학습을 하고 있기 때문에, 기억의 근거가 되는 자료는 7차 교육과정 교과서에서 제시되는 태양과 지구를 비교한 자료인 것으로 추측할 수 있다.

한편, 지구로부터 달까지의 거리에 대해서 표상한 그리기에서 달은 지구로부터 지구 지름의 약 5배 만큼 떨어져 있다. 자신이 가지고 있는 지구와 달 사이의 거리에 대한 이미지에 대하여는 근거를 찾지 못하였다. 실제 교육과정에서는 대체적으로 달에 대한 지구와 다른 물리적 특성만을 다룰 뿐이지 지구로부터 달 궤도까지의 거리를 언급하지는 않는다.

### 나. 빛의 직진과 그림자

그림자가 생기는 이유에 대해서 ‘빛이 장애물 등에 가려 투과하지 못하였을 때, 우리 눈에 반사되어 들어오는 빛이 없는 부분이 그림자로 보인다.’ 라고 서술하고 달을 볼 수 있는 이유에 대해서는 ‘태양 빛이 달에 반사되어 우리 눈에 들어옴으로써 볼 수 있다’라고 서술하여 그림자와 달의 위상에 대한 정확한 광학적 개념을 지닌 것으로 추정되어진다. 그리기 표상으로 빛의 직진과 그림자와 관계에 대하여 바른 개념 모형을 지니고 있으며, 이를 달의 위상에 적용할

때도 광학적 개념 상 오류가 발생하지 않고 있음을 알 수 있다.

## 다. 달의 위상 변화 모형

볼 수 있는 원리에 대해서도 달은 햇빛을 반사한 것을 지구에서 관측하는 것을 바르게 이해하고 있다. 그래서 위상 변화의 원인에 대한 자신의 생각은 앞서 살펴본 것과 같이 ‘달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다.’를 선택할 것이 예상되었으나, 실제로는 ‘해당하는 기술 내용이 없음’을 선택하였다. 심층 면담을 지구와 달과 태양이 일직선상에 놓였을 때, 일식과 월식이라는 현상이 발생함을 알고 있었다. 이 현상들의 정확한 개념은 잡혀있지는 않지만 지구의 그림자가 드리워지는 경우를 생각하며 그림자 모형을 지니고 있기 때문이다.

‘지구의 그림자가 달 위에 드리워진다.’ 선택지를 가리키며> 이것도 맞기는 한 데. 일식인지 월식인지 정확하게 기억엔 안 나는데. 지구가 이렇게 달에 (그림자가) 드리워지는 경우가 있잖아요. 근데 늘 지구의 그림자가 달에 드리워지는 게 아니라 달의 위치에 따라서 태양이 뭐. 어떻게 설명해야 하나. 그림자가 지구의 그림자가 드리워지는 경우도 있고 그렇지 않은 경우도 있고, 지구의 그림자의 영향을 받지 않고 그냥 모양이 변하는 경우도 있지 않을까요. -심층 면담

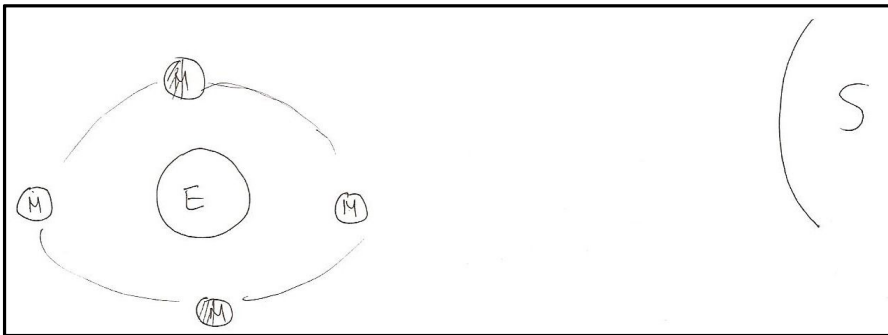
반면, 달의 위상 변화의 원인을 가장 잘 설명하는 그림으로는 반사모형을 선택하였다. 본인의 생각에 달의 위상 변화에 대하여 월식과 같이 특수한 상황을 제외하고는 ‘달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다.’를 글로는 선택하지는 못했지만, 주어진 그림에서는 정확하게 선택하고 있다. 개념 모형을 그림으로 표현하는 것이 더 편한 방법일 수도 있으며, 주어진 그림에는 지구와 달 그리고 태양이 일직선으로 배치된 상황이 없기 때문이기도 하다.

결론적으로는 한차이의 초기 모형은 제한적이나 두 가지 모형이 섞여 있는 복합적인 모형이라고 볼 수 있다. 첫 번째 모형은 달의 위상이 달이 광원이 아니며 지구에서 달을 관측하는 것은 일반적으로 사물을 볼 때와 마찬가지로 빛을 달이 표면에서 반사한 것을 의미하며, 달의 공전 궤도면에서 지구 쪽 앞면이 반사한 부분만이 관측되는 것이라는 바른 광학적 개념을 지니고 있음을 대변한다고 볼 수 있다. 두 번째 모형은 달의 위상이 지구의 그림자의 영향에 의한 것이라는 생각에서 출발한다. 달과 지구 모두 태양의 빛을 받아 반사하는데, 태양

으로부터 지구로 직진한 빛과 동일 선상에 위치한 달의 지구 쪽 부분은 그림자가 형성되기 때문에 반사할 태양 빛이 도달하지 못하며 그로 인하여 달의 전체가 보이지 않는 것이라고 생각한다. 이는 정상적인 보름달의 위치에서 지구의 그림자에 달이 가려서 보름으로 보이지 않고 오히려 ‘삭’이라고 생각하는 모형이다.

## 라. 달의 위상변화와 달의 일주

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 18>이다.



<그림 18> 한차이의 달의 위상 변화 개념 그리기

한차이는 개념 그리기로 초기 모형을 탐색하는 과정에 있어서 심층 면담 초반에 매우 난색을 표했다. 달의 위상 변화나 보름달의 움직임 등에 대해서 교과서를 통하여 학교에서 접한 것이 전부인 것 같다고 하면서 오로지 시험을 위하여 내용을 외우기만 했기 때문이다.

아! 이건 정말 모르겠어요. 전혀 기억이 안나요. 진짜 어렵듯이만 기억이 나서.  
시험 기간 전날 죽으라고 외우기만 해서 - 심층 면담

특이한 점은 태양과 지구는 고정되어 있다고 생각하고 있으며 달이 지구 주위를 공전하는 궤도적 운동 모형을 지니고 있다는 것과 상현과 하현의 달의 위치에서 달에 음영을 표현한 것이다. 이 개념 그리기를 이용하여 자신이 알고 있



는 달의 위상을 설명하는 과정에서 초기 모형을 명확하게 들어내고 있다. 하지만 ‘삭’과 ‘망’의 위치를 설명하기에 곤란해 하고 있었다. 상현이나 하현의 위치에서는 달이 태양 빛을 받는 부분과 받지 못하고 그림자가 생기는 부분을 명확하게 알고 이를 음영으로 개념 그리기로 나타내지만, 지구와 달과 태양이 일직성이 되는 ‘삭’과 ‘망’의 위치에서는 일식과 월식의 개념이 본인이 설명하고자 빛의 반사 원리의 광학적 개념의 이용을 혼란스러워하고 있다. 이는 지구의 공전 궤도와 달의 공전궤도가 5° 기울어져 있음을 고려하지 못하고 두 궤도가 일치한다고 알고 있기 때문에 언제든지 ‘삭’의 위치와 ‘망’의 위치에서는 일식이나 월식이라는 현상이 생긴다고 생각하고 있다.

**연구자:** 이 위치 <보름의 위치를 가리키며>에서 달이 어떻게 보이는 건가요?

**한차이:** 만약에 (달이 지구와 태양의) 일직선상에 오면 월식인가 일식인가가 될 것 같구요.

**연구자:** 이 위치 <삭의 위치를 가리키며>는요?

**한차이:** 그거 월식인지 일식인지. - 심층 면담

한편, 달의 위상 변화 주기는 28일로 생각하고 있었는데, 이는 자신의 추측이라고 표현하고 있다. 반면 달의 공전 주기를 하루, 즉 24시간으로 보고 있다. 비록 달의 공전 궤도를 나타내고는 있지만 달의 위상 변화와 달의 공전을 연관 짓지 못하고 있는 것으로 보인다.

보름달을 관찰할 수 있는 위치를 개념 그리기에서 나타낼 수는 없지만, 우리나라에서 보름달을 볼 수 있는 날 다른 나라에서는 보름달로 관측되지 않는다고 하였다. 그 이유를 보름달의 위치를 개념 그리기에서 확실히 나타내지 못하기 때문에 개념 그리기를 이용하여 설명하지는 못했지만 태양과 달과 이루는 각도가 지구 표면에서 어느 경도 상에 위치하느냐에 따라 변한다고 생각하였기 때문인 것을 심층 면담에서 확인할 수 있다. 이는 일식과 월식에 대하여 자신이 불확실하게 인지하고 있는 개념이 궤도적 모형으로 표현한 개념그리기에서 달의 위상 변화를 설명하는 것을 어렵게 방해하고 있기 때문이다. 즉, 본인이 알고 있는 사실과 그 것을 설명하려는 개념 그리기 사이의 불만족 상황이 발생하고 있는 것이다. 이러한 불만족 상황을 인터뷰 중에 깨달아가면서 자신의 초기 모형에 대하여 인지 갈등이 발생하게 된다. 또한 이러한 상황에서 달의 위

상 변화를 지구에서 보는 위치에 따라 보이는 부분이 다르다는 생각에 의하여 달의 공전 주기를 달의 위상변화 주기와는 전혀 다른 24시간이라고 답하게 된다. 이를 개념 그리기에서 달의 공전 궤도면을 따라 움직이며 질문을 하여도 한 차이는 변함없이 하루라고 생각한다. 인터뷰어가 재차 같은 상황을 다른 표현으로 질문을 하여도 달의 공전을 하루라고 답한 뒤 잠시 갈등을 하더니 이내, 지구 표면에서의 사람의 위치에 따라 달의 위상이 다르게 보인다고 정리한다. 현재의 상황에서는 자신이 설명하려고 하는 ‘달의 위상 변화’와 초기 모형 사이의 모순 사실을 확실히 인지하지 못하기 때문에, 중간 과정에서 잠시 갈등하는 모습을 보였을 뿐, 자신의 모형을 수정하지 않는 것이다. 즉, 한차이는 자신의 달의 위상에 관한 초기 모형과 자신이 설명하고자 하는 현상이나 개념들이 불만족함을 점차 인지하면서 현재에서는 불일치를 인지하지 못해서 초기 모형이 당장 변하지 않을 지라도, 이미 자신의 초기 모형에서 그 변화가 시작될 준비를 하고 있는 것이다.

연구자: 우리나라에서 보름 일 때, 다른 나라에서 보름이 아닌 이유는?

한차이: 지구에서 (사람이) 위치가 어디 있느냐에 따라서, 달에 비추어진 빛 중 보일 수 있는 부분이 다르게 보일 것 같아요.

연구자: 같은 날 달은 그 자리에 있는 거죠?

한차이: 아니요. 달이 도는 거 같은 데. 달의 공전 주기가 하루..

연구자: 달이 이렇게 여기서 여기로<개념 그리기의 달의 공전 궤도면을 따라 가며> 가는 데?

한차이: 네.

연구자: 달이 이렇게 지구 주위를 한 바퀴 도는데 걸리는 시간이 하루?

한차이: 네. 아닌가? (지구상에) 사람의 위치에 따라서 (위상이) 다르게 보여요. -  
심층 면담

또한, 지구 자전에 의한 천체의 일주 운동의 개념을 명확하게 지니고 있지 않기 때문에 태양과 달의 일주 운동의 방향이 반대라고 생각한다. 그렇기 때문에 달의 공전 주기를 하루라고 생각한 것으로 보인다. 지구의 자전을 달의 일주 운동에서 생각하고 있지 못하기 때문에 달이 뜨고 지는 것이 달의 공전에 의한 것이라고 보고 있는 것이다. 그래서 달의 궤도적 모형은 가지고 있지만, 잘못된 개념 모형을 지니고 있다. 하지만, 잘못된 개념 모형을 가지고 있음에 대한 모순사건을 인지하지 못했기 때문에 달의 궤도 모형의 문제점을 알지 못한다.

## 제 5 절 전수경의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 생물을 제외하고는 눈에 보이지 않아 어려운 과학들

고등학교에서 문과 계열이었기 때문에 ‘공통과학’만을 이수하였다. 전수경의 경우는 초등과 중등 교육과정을 거치면서 여러 차례 이사를 하면서 전학을 많이 다녔다. 초등학교 때는 수원지역 내에서 고등학교 때는 서울로 왔다가 다시 수원지역으로 전학을 여러 차례 하게 된다. 고등학교 1학년 때는 서울의 강남 지역에 위치하면서 학원 사교육으로 유명한 지역에 있는 K고등학교를 재학 중이었다. 이 학교에서 과학 수업은 어떻게 진행이 되었는지 강한 인상이 없어 기억하지 못하나 ‘생물부’에서 동아리 활동한 것이 과학과 관련된 중요한 기억이다.

(공통과학 수업은) 세 분인가? 몇 분이 들어오신 거 같은데. 생물 선생님 밖에 기억이 안나요. 생물 선생님이 기억이 남는 것은 제가 동아리를 했는데, 그 때 봤던 기억이 남아서요. 다른 분들은 수업 중에 인상 깊었던 게 없고, 기억이 별로 남지 않아요. -심층 면담

과학 교과에 대해서 생물과 물리에서 좋아하는 부분이 있다고 한다. 생물의 경우는 교과로서 좋아하기 보다는 생물에서 다루는 내용을 좋아한다. 특히, 고등학교 1학년 때 동아리 활동인 생물부에서 축제에서 생물을 해부한 것이 수업 중에 교과서를 통해서 그림만 보는 것과 달리 실제로 해부를 통해 대상을 직접적으로 보는 것에 매우 호기심을 보인다. 그래서 과학을 학습 하는데 있어서 실제로 관찰하는 것을 매우 중요하게 생각한다. 이러한 동아리 활동에서의 자극은 심지어 계열 선택에서 이과를 고려해 보게 하는 원동력이 된다. 한편 물리의 경우는 내용이 어렵고 이해가 잘 되지 않기는 해도 문제 해결을 위한 계산 과정에서 답이 산출되는 것이 재미있다고 한다.

전수경: 특정한 단원을 좋아한 건 아니지만 생물이 상대적으로 쉽고 재미있었던 거 같아요. 고1 때 잠깐 동아리 ‘생물부’를 한 적이 있는 데, 그 때 (축제

에서) DNA팔찌 만들기, 개구리 해부하기 이런 거 했었는데 신기했었어요.  
그때 잠시 과학이 좋다고 이과를 꿈꾸기도 했죠. 물리는 잘 모르지만 공식  
에 집어넣고 막 계산하고 그런 게 재밌었어요. 답이 맞았을 때 쾌감이랄  
까..어렵지만 계산하고 있으면 뭔가 멋있어 보이고 좋았어요.

연구자: 생물 중에서도 어떤 내용을 가장 좋아하나요?

전수경: 생물 중에서도. 음! 딱 좋아하는 파트가 있기 보다는 그게 기억에 남아서  
요. 해부했던 게 기억에 남아서요. 고1 때 개구리, 닭이랑 토끼 했었어요.  
그래서 맨 날 책으로 보다가 실제로 (해부해)보고 '이게 이거다.'라고 애  
기해 주니까 신기한 거예요. - 심충 면담

이처럼 고등학교 생물부에서의 해부를 통한 직접 관찰한 경험에 의해 생물  
교과까지도 과학 중에 가장 이해하기 쉬우며 선호하는 과목이 된다. 즉, 생물을  
교과 수업 시간에 교사의 영향이나 수업 중 학습 내용에서의 영향으로 좋아하  
는 것이 아니라, 동아리 활동에서의 체험을 통하여 좋아하게 된다. 그래서 대학  
교 1학년 때 수강했던 생물 관련 강의는 그런 경험을 제공하지 못했기 때문에  
어렵게 생각한다. 그래도 전수경의 현재의 과학 교과에의 선호도는 생물을 가장  
좋아하는 과목이고 물리, 화학 그리고 지구과학 순이다. 화학 교과에서는 물질  
의 구성과 결합 부분이 실제 눈으로 확인하는 실험을 하지 않고 원소와 그 원  
소들의 결합을 외우기만 해서 이해가 안 간다고 한다. 지구과학의 경우도 이미  
초등학교 때, 역시 직접 관찰을 하지 못한 별자리부터 시작하여 중학교 때의 달  
의 위상 변화와 공전 등의 내용을 어려워하게 된다. 따라서 전수경에게는 화학  
과 지구과학 교과는 오로지 시험 때문에 문제집을 통하여 문제를 풀고 외웠던  
기억만이 남는다.

그냥 외웠던 거 같네요. 지구과학도 마찬가지인거 같아요.. 초등학교 때는 별자  
리 알아보기. 이미 이해 안 갔고 중3때 달의 변화, 공전 이러는데 직접 눈으로 확  
인할 수 없고 그림만 보여주고 이시기엔 여기 있고 저시기인 달이 저기 있고 크  
기가 어떨고 이러는데 전 그냥 놓아버렸답니다. 학교에서 시험 볼 때 문제집 풀고  
외워서 시험 봤던 거 같아요. -심충 면담

## 나. 생활 속의 편안한 쉼터인 지구와 교과로서 눈에 보이지 않아 어렵지만 알면 유용할 것 같은 지구과학

지구과학은 가장 재미없는 과학 교과로 인식하고 있다. 생물 해부와 달리 본인의 생각으로는 지금까지 실제로 관찰하고 확인해 볼 수가 없기 때문에 어렵고 그래서 이해할 수가 없다고 말하고 있다. 특히 달의 위상 변화가 어렵다고 하는데, 이는 학교 수업 중에 관찰 할 수 있는 것이 아니기 때문이라고 말하고 있다. 생활 속에서 충분히 관심을 가지면 관찰할 수 있는 달의 위상 변화를 오로지 학교 수업에 한정하여 직접 관찰하지 못한다고 보고 있다.

어려워요. 앞에서도 말했지만 실제 관찰하고 확인해 볼 수 없으니 이해할 수 없었어요. 전체적인 틀도 잡혀 있지 않았던 거 같고요. 특히 달. 지구과학은 이게 전체적으로 제가 눈앞에서 보고 이해할 수가 없잖아요. 조형물로 이렇게 해가지고 아까처럼 보여줄 수 있고 다른 거는 사진으로만 맨 날 보여주고. 이해가 잘 안돼요. 지질 같은 것도 그렇고 지진 일어나면은, 이론적인 내용만 암기하게 만드는 것 같아요. - 심충 면담

이와 같이 수업 중 관찰하기 어렵다고 생각해서 내용까지 어렵다고 생각한 지구과학에 대한 인지특성은 <그림 19>처럼 지구 그리기로 표상한 결과에서도 찾아 볼 수 있다.



<그림 19> 전수경의 지구 그리기

심미적 가치 측면에서는 우주에서 바라본 천문학적 관점보다는 주변에서 직접 본 경험을 주로 나타내는 일상적 관점만 나타나고 있다. 이러한 표상은 대체적으로 지구에 대한 직접적인 시각 경험이나 환경문제 등의 자의식이 표상된 것인데, 강초록의 경우는 마치 한 폭의 풍경화와 같이 직접 관찰했던 자연의 모습과 같은 시각적 경험이 인지 속에 연결이 되어 있는 것이다. 심층 면담을 통하여, 위의 그림은 주로 가족과 산에 간 경험을 바탕으로 한 것이다.

지구하면 떠오르는 이유가 전 평소에 방학 같은 때 부모님이랑 산에 많이 갔어요. 산에 그 맑은 공기랑 이런 풀밭에서 공원 같은데서 놀고 이런 게 떠오르고. - 심층 면담

지구의 하위계로는 지구 표면상에서 수권, 지권, 기권과 생명권이 모두 표현되고 있다. 수권으로는 산과 들판에 흐르는 하천을 표상하고 있고 지권의 경우는 산과 풀밭으로 구성된 평지를 표상한다. 그리고 생명권으로는 사람, 식물 그리고 동물을 표현하며 가권으로는 구름으로 표상하고 있다. 이러한 표상들은 모두 눈으로 직접 본 경험을 바탕으로 한 것이며 동시에 직접 볼 수 있는 사물들이다. 이는 전수경은 개념의 표상보다는 지구의 이미지가 직접 관찰에 의한 시각적 자극에 의한 표상임을 짐작하게 해준다. 마찬가지로 ‘지구계 하위계간의 상호작용’을 직접적으로 표현하지는 않았지만, 전반적인 이미지가 평온한 상태를 나타내고 있으며, 특히 사람, 식물 그리고 동물이 자연스럽게 공존하는 것으로 보아 하위계간의 영향을 사회적이나 환경적 문제점으로 인식하기보다는 각각의 하위계 속에서 공존하는 과거의 기억 속의 자연 현상으로 인식하고 있다. 더 나아가 심층면담에서의 내용과 같이 현재의 지구의 자연 환경은 과거의 자신의 경험과는 달리 환경오염과 산림 파괴 등으로 인하여 훼손되고 있기에 기억 속의 지구의 하위계 간의 공존의 모습 속에서 지구 이미지를 표상하고 있다.

‘지구’라는 단어에 가장 먼저 떠오른 이미지는 산에 올랐던 경험, 여름에 계곡에서 놀았던 경험, 환경오염이다. 어릴 때 엄마, 아버지, 할머니, 오빠와 지리산에 올랐던 기억이 있다. 그 때 계곡에서 발을 담그고 놀았고 도롱뇽 알도 찾아가져오고, 개구리도 잡고 그랬었다. 그래서 지구하면 자연과 함께하는 이미지, 맑은 공

기, 산에서의 맑은 하늘 등의 이미지가 그려진다. 환경오염 문제, 산림파괴, 쓰레기의 무분별한 투척 등으로 사람들에게 개발되어 있던 산 중 더 이상 사람의 진입을 금지한 곳도 생겨났다. 그래서 안타까움과 동시에 다시 회복을 하고, 인간과 자연이 함께 숨 쉬는 공간인 아름다운 지구가 되기를 하는 바람으로 위의 지구 이미지를 그리게 되었다. -지구 그리기 활동지

이와 같은 지구에 대한 자연 풍경과 같은 표상은 지구과학 학습에 의한 경험보다는 지구과학의 연구 대상인 자연으로 대변되는 지구 속에서의 직접적인 자신의 시각적 경험에 의한 표상이다. 이러한 이미지는 가족과 자주 갔었던 근교에 위치한 산과 공원에서의 표상임을 확인할 수 있다. 반면, 지구과학에서 다루는 하위계 관련 개념들은 전혀 표상되고 있지 않음을 알 수 있다. 오히려, 자신의 표상된 지구 이미지와 각종 지구에 문제를 일으키는 환경 문제들을 걱정하며 인간이 자연과 공존하며 평화롭게 살아가는 자신의 희망을 연결하고 있다.

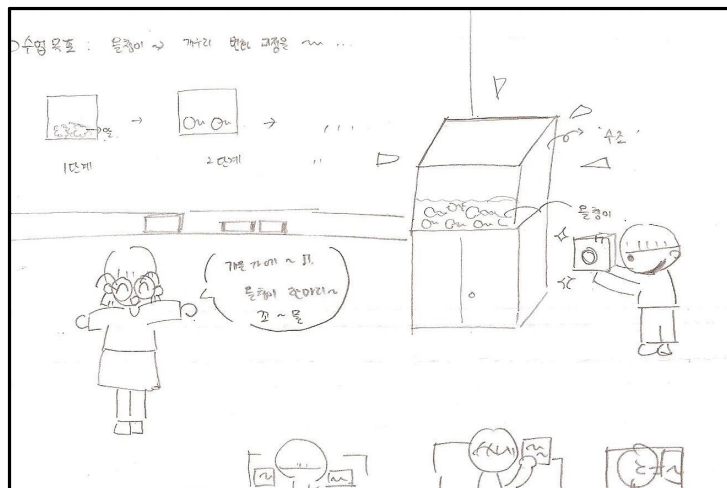
이 지구의 이미지는 자연과 인간이 공존하여 평화롭게 살아가는 모습을 그린 것이다. 많은 환경문제, 탄소배출 문제, 오존층 파괴 문제 등이 전 지구적 문제로 대두되고 있는 만큼 깨끗하고 아름다운 지구가 오랫동안 지켜졌으면 하는 바람으로 그려 보았다. - 지구 그리기 활동지

지구 그리기 활동에서 나타난 전수경의 지구에 대한 심상은 지구과학 교과라는 학문적 시각의 접근에 따른 것 보다는 지구에서의 자연 속의 자신의 경험에 의한 표상으로 들어난다. 그 이유로는 교과로서의 다가가는 지구는 자신이 관찰하지 못한다고 생각하여 이해하기 힘든 개념들이 포함되어 어렵게 느껴지는 반면, 자연 속의 지구는 자신의 삶과 관련이 되어 있고 그 속에서 다른 하위계와 공존하는 희망을 담고 있기 때문이다.

다. 과학에서 학생들의 관찰 등의 학생 중심 수업과 융합 교과를 추구하나 전통적인 수업 방식으로 제한되는 교사 중심 이미지

과학과 관련해서는 학교 수업이라는 제한된 경험보다는 동아리 활동에서

해부를 통한 직접적이며 시각적으로 명료한 사실들을 관찰하는 것을 선호하는 인지 특성을 보여 왔다. 이러한 직접적이며 시각적인 관찰의 수업 모습은 <그림 20>과 같이 교수 이미지에서도 유사하게 들어나고 있다. 학생들에게 ‘개구리의 생장’을 학생들이 관찰을 통하여 시각적으로 체험하게 하되 원리 이해에 중점을 두는 교사 중심 교육 이미지를 지니고 있다.



<그림 20> 전수경의 DASTT-C 1차

채점틀로 10점이 나와 외형상으로는 ‘교사 중심’의 수업으로 분류된다. 교사는 과학의 한 수업 형태인 관찰 수업에 있어서 교수-학습의 주체로 설명하고자 하는 내용을 학생들의 관찰을 바탕으로 설명하는 지식의 전달자 역할을 주도하고 있다. 관찰을 통하여 학생들에게 직접적인 시각적 체험을 제공하는 수업이기는 하나 교사가 수업을 전반적으로 주도하며 전형적인 교실 환경에서 수업을 진행하는 모습이다. 학생들의 관찰은 개별적으로 각자의 수조 속의 올챙이나 개구리를 관찰하는 것이 아니라, 교실 전변부에 설치된 공동의 혹은 대표의 수조에서 한 명씩 나와서 관찰하는 형태를 띠고 있다. 반면, 나머지 학생들은 가만히 앉아서 교사의 설명을 듣거나 교사의 관련된 노래와 울동을 따라하는 모습을 보면서 교사의 일거수일투족에 집중하고 있다. 환경은 전반적으로 전형적인 교실의 형태이다. 전변부에 교수의 상징인 칠판이 존재하고 그곳에 교사의



필기 내용이 존재한다. 학생들은 줄을 맞추어 앉아 있는 형태이다. 한편, 교사 책상이 별도로 존재하지 않으나 교실 전면 부 우측으로 핵심 수업 도구이자 관찰 대상인 수조가 존재한다. 따라서 수업 환경 측면에서도 교사 중심의 수업에 가깝게 나타나고 있다. 이처럼 비록 학생의 관찰을 중요하게 생각하기는 했지만, 외형상 교사, 학생, 환경 영역에서 모두 전통적 수업 형태에 가깝다고 볼 수 있다.

이러한 수업을 연상하게 된 배경에는 관찰을 중요한 수업 도구로 생각하는 자신의 성향에 기인한다. 교실에 비치된 수조에서 올챙이를 관찰한 경험을 연상하고 있으며 고등학교 동아리에서 직접 관찰 경험과도 관련이 있다. 또한, 수업의 방법적인 측면에서 노래와 율동의 방법을 사용하는 것은 학생들의 흥미를 유발시키는 방법으로 직접 경험 보다는 교육 방법에 관한 학습을 통해서 터득하게 된 간접 경험에 의한 영향이다. 그래서 미래의 과학 수업에서는 과학적 관찰과 흥미 유발을 위한 노래와 율동의 결합을 지향하는 것이다.

초등학교 때의 경험과 다른 과목보다 생물에 관심이 더 많아서 이런 그림을 그리게 된 것 같습니다. ...(중략)... 그래서 음악시간에 배웠던 노래와 체육시간에 배운 율동을 바탕으로 과학시간에 흥미를 유발시키기 위해 기초 활동을 하는 것입니다. -심충 면담

과학 수업으로 생물을 선택한 것에서도 수업 중의 경험 보다는 수업 외적인 부분에서 생물의 직접적인 관찰에 의한 것으로 보인다. 학생들의 직접적인 관찰을 수업의 방법으로 생각한다면 학생중심의 수업을 구상할 수 있을 것으로 추정이 되지만, 아직 수업에 대한 전수경의 기본적인 틀은 전통적인 수업에서 벗어나지 못하는 한계를 지니고 있음을 알 수 있다. 따라서 전수경은 교사 중심의 교수 이미지의 틀 내에서 수업 방법의 일면으로 학생의 관찰을 중시하는 내재된 학생 중심의 이미지를 지니고 있다고 볼 수 있다.

초등학교 때 올챙이에서 개구리 되는 거. 계속 키우면서, 반에 있었던 거 같아요. 기억에 남는 게 이것 밖에 없어요. 특별히 생물과목을 택한 이유는 ‘과학’ 중 생물이 가장 친근하고 재미있었기 때문입니다. 아무래도 과학적 이론에 대한 지식은 부족하더라도 고등학교 때 생물부에 소속되어 참여했던 경험이 생물에 대한 관심을 높이고 친근하게 느껴지게 한 것 같습니다. -심충 면담

## 라. 초등교사관

전수경은 영어 교과를 좋아해서 중등 영어 교사가 되는 것이 장래희망이었다. 그러나 현실적인 성적에 맞추어 사범대가 아닌, D대학교 영어 영문학과를 진학하였다. 사범대 진학을 위해 반 학기 만에 재수를 준비하였지만 성적이 부족하여 고민 중 부모님의 권유에 따라 현실적으로 최선의 선택이라고 여겨진 현재의 교육대학교에 진학하게 된다.

교대 오기 전 영어를 좋아해서 영어 가르치고 싶어서 사대를 가려고 했었는데 수능 성적이 생각만큼 안 나왔어요. 그래서 어디를 가야하나 고민하다가 결정적으로 아빠가 중요한 역할을 하셨죠. 교대 가는 게 좋겠다고 적극적으로 권유 하셨어요. 저도 이 시점에서 이게 최선의 선택이 교대라고 생각하고 지원하게 되었어요.

-설문

교육대학교 진학과정에서 아버지의 적극적 권유를 받아들인 점에서 부모님께 순종적인 성격임을 짐작하였으나 이내 정녕 학과의 선택에서는 미술과로 진학하여 묘한 행보를 이어갔다. 심층 면담을 통해 어릴 때의 기억 때문인 것을 알 수 있었다. 가정 형편으로 추정되는 여건 상 본인이 희망한 미술 학원을 부모님이 보내주시지 않은 것에 대한, 내재되어 있던 부모님과의 갈등으로 기인하여 미술과를 선택하게 된 것이다. 반면, 과학은 관심이 별로 없는 교과인 탓인지 정확하게 기억은 하지 못하였고 6~7 순위로 중 하위로 지망하였다. 초등교사가 되었을 때의 지도할 교과의 선호에서도, 교과로서의 접근 보다는 감정 표현 방법으로 미술과 음악을 본인도 하면서 즐거운 느낌 때문에 선호하는 것으로 보인다.

앞의 영어를 좋아한다는 말과 모순되는데. 이때는 그렇게 생각했어요. 영어를 좋아했지만 부모님이 주요 과목의 과를 가라고 하시니까 반발심이 일어났어요. 영어는 오래 붙잡고 있었던 만큼 지겹기도 했고 생각만큼 잘한다고 생각지 못해서 다른 과를 찾아보았죠. 그러다 어릴 때 미술을 배우고 싶었는데 절대 보내주시지 않아서 속상했던 기억이 있어요. 그 마음이 계속 남아서 미술과를 선택하게 되었죠. 그 때 보내주셨으면 빨리 스스로 깨달았겠죠. 이 길은 내 길이 아니구나. - 심층면담

교사상에서도 자신의 학생 시절의 경험이 많이 반영되어 있다. 가정의 문제로 어려서부터 여러 차례 전학을 다니던 상황에서 자신이 경험한 선생님들이 모습이 교사상에 반영된 것으로 보인다. 실력과 인덕을 겸비한 선생님을 자신의 교사상으로 내세웠지만, 면담을 통해서 인덕에 보다 무게를 두는 것을 알 수 있었다. 이는 자신이 어려운 가정 환경 탓에 여러 차례 전학을 경험하면서 학교와 친구들에게 적응하기가 쉽지 않을 때, 손을 내밀어 관심을 보여준 초등학교 2학년 때의 선생님의 모습이 교사의 롤 모델이 된 것이다.

과학 교과 중 지구과학에 해당하는 부분을 가르칠 때에 지식측면은 교육대학교 교육과정을 성실하게 수행한다면 학생들을 가르치는데 문제 될 것이 없다는 생각을 가지고 있으나 기술적 측면에서는 학생 때 지구과학을 어려워했던 부분을 상기하여 학생들의 수업 내용 이해에 초점을 두고 있다. 특히, 자신은 어렵고 재미없어했지만 이것이 지구과학의 근본적인 문제가 아니라 가르치는 교사의 기술적 측면의 문제로 인식하고 학생들에게 쉽고 재밌게 가르치는 방법에 대한 고민을 할 것이라고 말하고 있다. 신념 측면에서는 다른 과학과 달리 지구과학에서는 자신감이 부족하다고 판단하고 있다.

**기술 측면:** 지식 측면에서 제가 학창시절 어려웠던 부분을 잘 소화했다면 학생들의 이해도 어려움 파악은 비교적 쉽게 되지 않을까 싶어요. 제가 이해하지 못했던 부분을 중점적으로 설명할 것이고 부끄럽지만, 지금의 저처럼 되게 하지 않기 위해 지구과학을 가르치는데 어떻게 하면 쉽고 재밌게 가르칠까 공을 들이겠죠.

**신념 측면:** 아직 거부감 있기 때문에 지구과학파트만 생각한다면 긴장되고 부담될 거 같습니다. - 설문

결국, 지구과학을 포함한 과학을 지도해야 하는 교사상 형성에 가장 큰 영향을 준 것은 외형적으로 잦은 전학으로 인해 경험한 선생님들과 친구들과 관계 속에서 형성된 본인의 시니컬한 성향이며, 더 근본적으로는 ‘가족(가정)애(愛)’에의 애착이다. 과거의 가정의 경제적 문제로 인하여 전학을 자주 하여 선생님과 친구들과 충분한 교감을 나눌 여유가 없다보니 다소 ‘정(情)’에 집착하는 모습을 볼 수 있다. 또한 어려운 가정 형편은 본인의 장래를 결정함에 있어서도 가족을 생각하여 현실 타협적인 모습을 보여주며, 반대급부로 작은 반항을 보이는 것이 교육대를 진학하여 영어과가 아닌 미술과로 진학한 것이다.

## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

지구의 크기가 달의 5배 정도 크다고 인지하고 있었다. 그리고 태양의 크기는 지구에 비해 10배정도 크다고 생각하였다. 그리기 표상에서는 지구가 달의 지름에 4배이며 태양은 지구의 지름에 약 2.5배로 표현하였다. 그 이유로는 태양의 크기를 기억하는 근거로 보고 있는 문제집에서 본 그림도 태양이 실제 크기 비율보다 낮게 표현되었기 때문이라고 한다. 이는 교과서와 마찬가지로 문제집에서도 대상의 실제 비율은 어느 정도 무시하더라도 대상 간의 관계의 설명에 중심을 두기 위해 기능적 구체 모형을 사용하기 때문이다. 자신이 본 그림이 기능적 구체 모형인 것은 모르고 있지만, 자신도 모르게 태양은 지구에 대하여 크기를 이미지로 표상할 때 자신이 경험한 축소된 이미지처럼 나타내고 있는 것이다.

달에 대한 스케일 모형은 비교적 정확하다고 볼 수 있다. 반면, 태양의 경우 스케일 측면에서 정확하지 못한 이해를 지니고 있다. 심층 면담을 통하여 전수경의 태양과 달의 스케일 모형은 문제집에서 본 그림에 의한 기억이다. 여러 차례 전학을 다닌 탓에, 교과 수업 중의 기억보다는 스스로 학습을 하거나 시험 준비를 위해 풀어본 문제집에서 본 그림이 주요한 영향을 미친 것으로 보인다.

**들어보긴 한 것 같은데, 기억이 잘 문제집. 이것도 문제집에서. - 심층 면담**

한편, 지구로부터 달까지의 거리에 대해서 표상한 그리기에서 달은 지구로부터 지구 지름의 약 6배 만큼 떨어져 있다. 전수경은 자신이 가지고 있는 지구와 달 사이의 거리에 대한 이미지에 대하여는 근거를 찾지 못하였다. 7차 교육과정에서는 대체적으로 달에 대한 지구와 다른 물리적 특성만을 다룰 뿐이지 지구로부터 달 궤도까지의 거리를 언급하지는 않는다. 그래서 정규 수업 중에는 물론이고 문제집에도 거리에 관한 문제가 없었을 것으로 보인다.

### 나. 빛의 직진과 그림자

그림자가 생기는 이유에 대해서 ‘빛을 받지 못해서’ 라고 서술하였고 달을 볼 수 있는 이유에 대해서는 ‘스스로 빛을 내는 천체?’ 라고 서술하여 빛의 직진성과 그에 따른 그림자 생성 개념은 가지고 있으나 달을 광원으로 생각하는 오개념도 가지고 있음을 알 수 있다. 마찬가지로, 달의 위상에 적용할 때도 빛의 직진과 그림자의 관계에 대한 광학적 개념 상 오류가 발생하지 않고 있지만, 달이 빛을 내는 광원이라고 생각하는 치명적인 오개념을 가지고 있다.

#### 다. 달의 위상 변화 모형

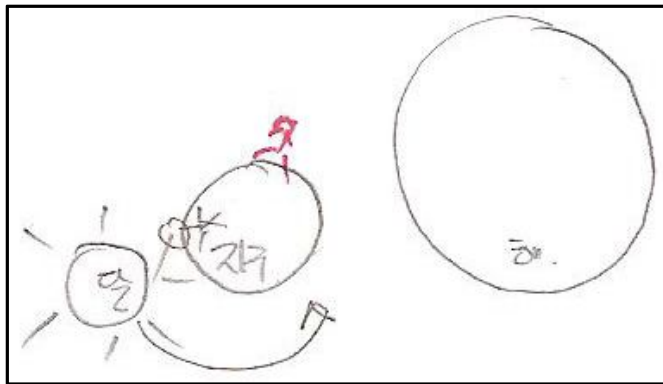
빛의 직진성과 이에 따른 그림자의 형성에 대해서는 잘 이해하고는 있지만, 달을 광원으로 생각하는 치명적인 오개념을 지니고 있기 때문에 달의 위상이 변하는 것 자체가 설명되기가 어렵다. 그렇기 때문에 대체적으로 달이 광원이라고 생각을 하게 되면, 주어진 질문지에서 구름이나 다른 행성의 그림자와 같이 달과 지구 사이에 달빛의 일부나 전체를 방해하는 물체에 의하여 달의 위상이 변한다고 생각하기 마련이다. 그런데, 의외로 전수경은 ‘달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다.’ 라는 태양빛을 달이 반사한 것 중 지구에서 볼 수 있는 부분만 본다는 올바른 모형의 선택지를 선택하였다. 심충 면담을 통하여 이 질문지의 의미를 잘못 해석하여 선택한 것을 알게 되었고 ‘지구의 그림자가 달 위에 드리워진다.’로 선택지를 변경하였다. 하지만, 이 역시 달을 광원으로 보았을 때, 선택하기 어려운 선택지이다. 전수경은 달뿐만 아니라 태양도 광원으로 생각을 하고 있었다. 하지만 달의 위상과 직접적으로 관계되는 광원은 달이며 태양에 의하여 달에 지구의 그림자가 발생하게 되고 이 그림자에 의하여 달빛 일부가 가려지기 때문에 위상이 생기는 것이라고 생각하고 있다. 즉, 달은 달의 위상 변화에 직접적인 광원이고, 태양도 광원이지만 지구 그림자를 발생시키는 광원으로만 생각하며 태양빛에 의해 형성된 지구 그림자는 달빛을 막을 수 있는 것으로 인지하고 있다.

이 때, 태양이랑 가려져가지고 모양이 변한다고 배운 것 같기도 한데. 달도 빛 나는데, (달의) 일정부분이 가려져 가지고 그게 지구. 태양에 의해서 지구 그림자를 만들고 지구가 (달에 비해) 더 크니까 그림자가 쳐서. 그 그림자에 달빛이 가려서 일부만 보인다. -심충 면담

달의 위상 변화의 원인을 가장 잘 설명하는 그림으로는 그림자 모형을 선택하였다. 일반적으로 그림자 모형은 달의 위상이 지구의 그림자의 영향에 의한 것이라는 생각에서 출발한다. 그런데, 달도 스스로 빛을 내는 광원이라고 생각하고 달의 위상은 달빛이 보이는 것으로 생각한다는 점이 특이하다. 그림자 형성에 대한 바른 이해를 지니고 있음에도 불구하고 태양빛을 지구가 가려서 형성해놓은 지구그림자 속에서 스스로 빛을 낸다고 생각한 달빛이 가려진다고 생각하고 있는 것이다. 즉, 그림자는 빛이 도달하지 못한 영역인데, 그림자를 빛을 차단할 수 있는 사물로 취급하고 있는 것이다.

#### 라. 달의 위상변화와 달의 일주

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기는 <그림 21>이다.



<그림 21> 전수경의 달의 위상변화 개념 그리기

개념 그리기로 초기 모형을 탐색하는 과정에 있어서 전수경은 심층 면담 초반에 매우 난색을 표했다. 달의 위상 변화나 보름달의 움직임 등에 대해서 학교에서 배운 적이 없기 때문으로 학창시절의 성장 배경에 기인한다. 전수경은 해당 부분을 학습할 때인 중학교 3학년 때, 전학을 가게 되었다. 전학하기 전의 학교에서는 아직 배우지 않은 내용이었고 전학을 간 학교에서는 이미 단원이

끝나 버린 상태였다. 시험을 대비하기 위해 문제집을 이용하여 공부한 부분이기에 내용을 외우기만 했기 때문에 자신의 개념을 설명하는 것을 매우 어려워했다.

제가 중3때요. 이 부분을 할 때 전학을 갔는데요. 그 때 제대로 못 배웠어요. 혼자 공부했거든요. 혼자 공부해서 이걸 막 외우고 그랬는데. 중학교 때 문제집만 기억나요. 그래서 정확히 모르겠고. 문제집도 그냥 외웠어요. 어떤 달이 언제 뜨고 언제 지는지, 어느 쪽에서 보이는지. 그런 문제에 있잖아요. 그냥 외웠어요. 공전이랑 자전이랑 막 섞여가지고 잘 이해가 안가고 - 심층 면담

그래서, 개념 그리기의 그림 표상을 통하여 나타난 특이한 점은 앞서 탐색지에 관한 심층 면담을 통하여도 확인이 되었듯이 달이 스스로 빛을 내는 광원이라는 점이다. 그리고 태양과 지구는 고정되어 있다고 생각하고 있으며 달이 지구 주위를 공전하는 궤도적 운동 모형을 지니고 있다는 것이다. 앞서 살펴 본 바와 같이, 달이 광원인 동시에 태양빛에 의한 지구 그림자에 의하여 달이 일부 가려져서 보이지 않는다고 생각하고 있기 때문에, 일반적으로 ‘망’의 위치에서 지구 그림자에 의한 월식을 고려하여 오히려 ‘삭’이라고 생각하기 쉽다. 이는 지구의 공전 궤도와 달의 공전궤도가  $5^\circ$  기울어져 있음을 고려하지 못하고 두 궤도가 일치한다고 알고 있기 때문에 언제든지 ‘삭’의 위치와 ‘망’의 위치에서는 일식이나 월식이라는 현상이 생긴다고 생각하는 것이다. 그래서 그림자 모형을 달의 위상 변화에가 가지고 있을 때는 대체적으로 ‘망’의 위치에서 월식이 일어난다고 생각하는 제한된 그림자모형을 지니고 있게 된다. 하지만, 전수경은 이러한 생각을 표출하지 않는다.

한편, 달의 위상 변화 주기는 30~31일로 생각하고 있었는데, 이는 일상에서 사용하는 달력이 대개 월별 교차로 30일에서 31일이 반복되기 때문이라고 한다. 즉, 달의 위상 변화 주기를 그저 달력에서 사용하는 한 달의 정의로 받아들이기 뿐, 달의 위상변화가 달의 공전에 의한 것이라는 것을 제대로 이해하지 못하고 있는 것이다. 따라서 달의 공전 궤도를 나타내고는 있지만 달의 위상 변화와 달의 공전을 연관 짓지 못하고 있는 것으로 보인다.

우리가 사용하는 달력을 기준으로. - 심층 면담

또한, 보름달을 관찰할 수 있는 위치를 개념 그리기에서 달의 위치가 아닌 지표상의 위치로 나타내고 있다. 그리고 다른 나라에서 같은 날 다른 위상으로 보이는 것에 대해서도 지표면의 위치에 따라 달의 보여 지는 면이 다르다는 생각을 지니고 있다.

연구자: 보름달이 보이는 위치는?

전수경: <지표에 현재 있는 달을 기준으로 보름으로 보이는 사람을 그려 넣음>  
여기 이 사람

연구자: 우리나라에서 보름 일 때, 다른 나라에서는 어떻게 보이나요?

전수경: <처음과 90도 차이나는 위치에 다른 사람을 그려 넣고>좀 다르게 보일 것 같은데요. (지표면상의 위치에 따라) 보여 지는 면이 다르기 때문 - 심층 면담

현재의 상황에서는 설명하려고 하는 ‘달의 위상 변화’와 초기 모형 사이의 모순 사실이나 불만족을 확실히 인지하지 못하기 때문에, 자신의 모형을 수정하지 않는 것이다. 오히려 매 상황마다 대답을 위한 대안적인 모형을 사용하는 것으로 보인다. 따라서 전수경은 달의 위상에 관한 초기 모형과 설명하고자 하는 현상이나 개념들이 설명의 일관성에서 불만족함을 점차 인지하게 한다면, 초기 모형에서 변화가 가능할 것이다.

지구 자전에 의한 천체의 일주 운동의 개념을 명확하게 지니고 있지 않기 때문에 태양의 일주 운동과 달의 일주 운동의 방향이 반대라고 생각한다. 그래서 달의 궤도적 모형은 앞서 개념 그리기에서 표상하고 있지만, 실제 지구에서 관측 상황에는 적용하지 못하고 있다. 오히려 달을 태양과 같은 광원으로 취급하려는 경향 때문에 태양이 사라진 서쪽에서 빛을 받으면서 달이 뜰 것으로 생각하고 있다.

연구자: 태양이 뜨고 지는 방향은?

전수경: 동에서 서

연구자: 달은?

전수경: 서에서 동. 하하하

연구자: 이유는?

전수경: 태양이 동에서 떠서 서쪽으로 지니깐, (달이) 서쪽에서 동쪽으로, 반대로 가야될 것 같은데. 어두우니깐 -심층 면담



## 제 6 절 신영화의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

가. 내용에 따라 참신하고 다채로운 과학과 진부하고 이원론적이거나 수학과 관련되고 외위는 것이 많아 어려운 과학 사이

고등학교에서 문과 계열이었기 때문에 과학 과목으로는 ‘공통과학’, ‘생물1’을 이수하였다. 공통과학의 경우 네 분의 선생님이 각각 지도해 주셨지만, 과학 수업 자체에서 강한 인상을 남겨주신 분은 없는 것으로 보인다. 문과를 진학한 이유는 수학에 자신이 없고 이과 진학에 대한 부정확한 정보에 따른 자신만의 판단에 따른 막연한 불안함 때문이다.

어쩔 이과가 더 유리했을 수도 있네요. 근데, 그 때는 그런 걸 몰랐어요. 초등학교 교사는 이과와 상관없는 직업인줄 알았어요. -심충 면담

지구과학에 대한 과정은 고등학교 ‘공통과학’에서만 지구과학 부분을 들었고 대학교 1학년에서는 ‘생활 속의 과학’이라는 강좌의 일부가 해당된다. ‘생활 속의 과학’은 실생활 속에 있는 과학 기술 중 사회적 이슈가 되는 문제를 조별로 조사해서 발표하고 서로 토론 하는 수업이다. 신영화는 이 수업 중 ‘진화론과 창조론’이라는 주제로 조별 발표를 하였지만, 지구과학과 물리 영역의 내용이라고 볼 수 있는 ‘나로호-로켓의 원리’를 가장 기억에 남는 주제 발표로 보고 있다. 그 이유는 과학의 내용에 대한 본인의 취향에 따른 것인데, 그동안 몰랐던 내용이어서 새롭게 느껴지거나 충격적인 내용을 다루는 과학 내용을 좋아하는 반면, 오랫동안 과학계의 화두가 되어 논쟁되었던 이원론적 과학 내용들은 지루하다고 생각하고 있다.

나로호-로켓의 원리 그런 것도 재미있었고 뭔가 참신하다고 해야 하나 뭔가 신선하다고 해야 하나, 애(진화론과 창조론)는 저희가 준비하면서 좀 따분했거든요. 이원론적인 거니깐. 기존에도 많이 나왔고, 참신하다는 것은 몰랐던 부분을 다루어서. -심충 면담

교과에 대한 선호는 중학교 때부터 고등학교 1학년까지는 과학이었는데 고등학교 2학년 때부터 3학년까지는 영어로 바뀌고 있다. 신영화는 국민공통교육과정까지는 자신의 흥미에 따라 과학 교과를 좋아했으나 자신의 대학 진학 그리고 진로와 직결되는 계열 선택 시점에서 성적에 따라 좋아하는 교과가 바뀌게 된다. 물론 앞서 살펴본 바와 같이 초등학교 교사는 문과로 진학해야지만 될 수 있다는 정확하지 않은 자신만의 판단과 이과로 진학하면 마땅히 선택할 직업군이 없다는 소위 말하는 이과 기피현상에 따라 문과를 선택하기도 했지만, 결정적으로 이과로 진학하기 위해서는 수학과 과학 교과 성적이 좋아야 한다는 생각을 지니고 있는데, 자신의 수학 성적이 고등학교 1학년 때부터 수학 교과의 학습 내용을 어려워하면서부터 만족스럽게 나오지 못했기 때문이다.

**중학교 때까지만 해도 과학에 흥미가 있어서, 이과생이 되려고 했는데, 수학, 과학 성적이 잘 나오지 않아서 문과를 택하게 되었고 - 심충연접**

이러한 성향은 과학 교과에서도 뚜렷하게 나타난다. 과학 교과 중에서 좋아하는 과목부터 싫어하는 과학 과목을 나열해보면, 지구과학, 생물, 물리, 그리고 화학 순이다. 전체적으로 과학을 교과로서는 고등학교 때부터 어려워하며 좋아하지 않는 것으로 보인다. 그 중에서도 물리 선생님이 공통과학 선생님 중 잘 가르쳐주셔서 기억에 남는다고 한 반면에 오히려 물리가 자신이 고등학교에서부터 자신감이 없고 어려워했던 수학과 가장 관련이 깊은 과학 교과라고 생각했기 때문에 싫어하게 된다. 화학의 경우는 수학과 연관성 보다는 화학 용어와 같이 암기할 것들이 많아서 어렵고 그래서 가장 싫어하는 과학 교과라고 생각한다. 신영화의 과학 교과에 대한 호감은 수업 중 선생님들의 영향을 받는 것 보다는 과학 교과에서 다루는 학습 내용과 그 내용을 학습하는데 관련된 수학적 계산과 암기하는 것과 같은 자신이 다가가는 방법에 따라 영향을 많이 받는 것으로 보인다.

**원래 SF 영화랑 재난 영화를 매우 즐겨보는 편이다. 그것들이 거의 다 지구과학과 관련된 내용이라서 흥미가 있다. 생물은 자연과 관련된 내용이라서 그나마 흥미가 있었는데, 물리는 수학과 관련되어 있어서 어렵게 느껴졌고, 화학은 암기할 것(화학 용어)이 너무 많아서 어려웠다. - 설문**

S·F 영화나 재난 영화를 좋아하는 성향이 사회적 문제 중에 과학과 관련된 것이 많다고 생각하게 하는 것으로 보인다. 이를 통해 신영화는 과학에서 다루는 내용과 그 내용과 관련된 사회적 이슈에 대해서는 관심이 많고 호감을 보이는 반면, 학문적으로 나가는 과학에 대해서는 어려워하며 수동적인 태도를 가지고 있는 것을 알 수 있다.

## 나. 사회와 환경 문제의 시각으로 바라보는 지구와 SF와 재난 영화에서 다루는 대상과 동일하여 호감 가는 지구과학

과학을 교과로서보다는 과학이 다루는 신선하고 새로운 내용에 호감을 보인 신영화의 성향은 지구과학에 대한 이미지에서 더 확실하게 확인할 수 있다. 과학을 학습함에 있어서는 원리 이해가 필요하다고 보고 있으며, 이 부분을 자신이 어려워하기 때문에 지구과학도 교과로서는 쉽다고 생각하지는 않는다. 다만 지구과학은 다른 과학 교과와 달리 교과에서 다루는 대상이 매우 흥미롭다고 생각한다. 특히 신영화는 늘 보았기 때문에 자신이 평범하다고 생각하는 대상보다는 직접 본 적이 없고 오로지 영화나 다큐멘터리와 같은 영상을 통해서 간접 체험한 우주와 같이 신비로운 내용을 관심 있어 한다.

신영화: (지구과학이) 결코 쉽지만은 않은 교과이지만, 다채롭고 흥미로운 과목인 것 같아요.

연구자: 이유는?

신영화: 모든 과학 과목이 단순 암기보다는 원리의 이해를 필요로 하기 때문에 전반적으로 어려울 수 있다. 하지만 다른 과목들보다도 지구과학 교과는 우주 속에 남겨진 과거의 흔적을 배울 수 있다. 즉, 우주의 역사를 기반으로 모든 만물의 역사를 되돌아 볼 수 있는 과목이라고 생각한다. 이것은 매우 흥미로운 점이 아닐 수 없다.

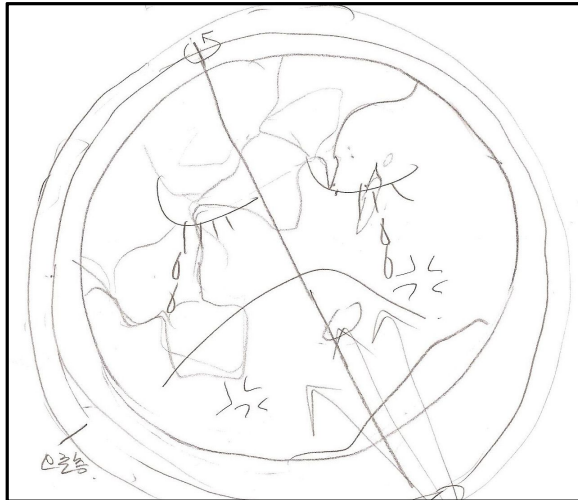
연구자: 좋아하는 내용 혹은 단원은?

신영화: 태양계와 행성

연구자: 이유는?

신영화: 태양계와 행성에 관련된 재난 영화나 SF 영화들을 매우 좋아한다. 평소에도 매우 즐겨보는 편이다. - 심층 면담

이러한 과학에서의 원리를 이용한 문제 해결은 어려워하지만 지구과학에서 다루는 우주와 같은 신비한 대상이나 재난 영화에서처럼 지구의 환경 파괴에 따른 사회적 문제와 관련된 내용에 매력을 느끼는 인지 특성은 <그림 22>처럼 지구에 대한 심상을 그리기로 표상한 결과에서도 잘 나타나고 있다.



<그림 22> 신영화의 지구 그리기

지구의 심미적 가치 측면에서는 우주에서 바라본 전형적인 천문학적 관점을 보이고 있다. 이러한 거시적으로 표상한 것은 자신이 지표에서 직접 보고 있는 지구의 모습을 나타낸 것이 아니라, 주로 우주에서 촬영된 지구의 사진이나 영상을 보았거나 지구본과 같은 지구 모형을 본 ‘지구’에 대한 간접적인 시각적 경험을 바탕으로 하고 있는 것이다. 실제 심층 면담을 통하여 신영화의 천문학적 관점의 표상은 자신이 좋아하는 SF 영화의 주 대상인 우주를 영상을 통하여 보아왔기에 기억 속에 잠재된 간접적 시각 경험과 지구본을 직접 본 직접적 시각 경험이 결합된 표상임을 유추할 수 있다.

지구의 하위계로는 지구상에서 수권과 지권 그리고 기권이 표현되고 있다. 기권은 오존층과 오존홀을 중심으로 표현하고 있는 것이 이채롭다. 오존층과 오존홀에 대한 과학적 설명과 개념에 대한 표현 보다는 오존층이 파괴된 오존홀에 의하여 지구에서 발생하는 환경과 사회적 문제에 대한 인지표상이다. 그

래서 이 그림에 표상된 생명권은 천문학적 관점으로 지구를 바라보다보기에 표상되기 어려우나 지구 자체를 의인화하여 표현되고 있다. 이는 직접적인 생물권의 표상은 아니나, ‘지구계 하위계간의 상호작용’ 중 인간과 기권의 상호작용의 하나인 오존홀의 환경 문제를 나타내고 있다고 볼 수 있다. 또한 ‘과학과 기술’ 그리고 ‘우주와 태양계 속의 지구’의 주제는 직접 적으로 이미지로 표상되지는 않았지만, 오존홀의 영향으로 지구에서 발생하는 문제 해결과 천문학적 관점으로 바라본 지구가 단순히 지구 자체만이 아니라 태양계와 지구가 상호작용하는 것이라는 그림으로 충분히 표현하지 못한 자신의 지구 이미지 대하여 기술하고 있다.

저는 태양계 속에 지구가 있고 지구 주변에도 행성들이 있어서 다른 행성들을 비롯한 태양계와 지구가 상호작용을 하는 모습과 지구 안에서도 내부적으로 재난이 일어나고 온난화로 인해 인간들이 고통 받으며 살아가는 모습, 지구를 살리기 위해 대안을 모색하는 모습(을 그림으로 충분히 표현하기 어려웠어요) -지구 그리기 활동지

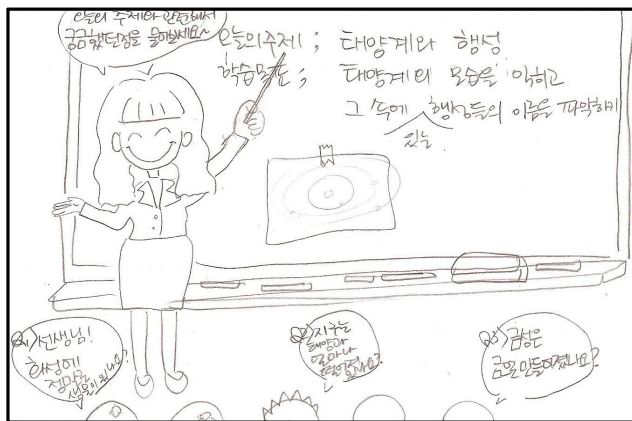
특히, 신영화는 오존층 파괴에 대하여 지구를 위협하는 요소로 생각을 하고 있는데, 과학 현상에 있어서의 인과 관계는 정확하게 성립되어 있지 않는 이미지를 보여주고 있다. 오존층 파괴가 원인이고 이에 따른 결과가 지구 온난화라고 생각하고 있으나, 일반적으로 화석 연료 사용으로 온실가스의 증가에 따른 지구 온난화를 생각하거나 오존층 파괴로 인한 사람을 비롯한 생명체에 유해한 다량의 자외선 유입을 생각하는 것이 바른 인과관계의 연결일 것이다. 비록 인과관계의 연결은 문제가 있더라도 신영화는 이러한 과학적 인과관계의 성립보다는 그 결과로 인간 사회에 발생하는 재난과 고통 같은 사회적 문제에 더 관심을 두고 있다. 즉 본인이 관심 있어 하는 재앙이나 재난 같은 것과 지구과학이 관련이 있어서 관심과 흥미가 있는 것이지 과학적 설명이나 인과관계에 대한 이해에는 관심이 없다는 것을 알 수 있다.

전 오존층 파괴로 왜 지구가 뜨거워지는지 보다는 그 결과 재난이 발생하고 사람들이 고통스러워하는 것 자체에. - 심충 면담

이와 같이, 지구 그리기 활동에서 나타난 신영화의 지구에 대한 심상은 과학적 시각의 접근 보다는 사회·문화적 시각의 접근에 따른 표상으로 들어난다고 볼 수 있다. 그 이유로는 새롭고 충격적인 것을 선호하는 신영화에게 지구 자체의 과학적 설명보다는 우주 속에서의 지구와 관계있는 태양계에 관심이 많고 지구 내에서도 과학적 현상의 이해보다는 그로 인한 사회문제에 관심이 많기 때문이다. 또한 이러한 자극들은 대부분 SF 영화나 재난 영화와 같은 간접적 시각 경험에 의한 것이기 때문이다.

#### 다. 새롭고 신비로운 내용을 다루는 것을 좋아하나 전형적 교사 중심 수업으로 제한되는 전통적 교사 이미지

학생 때 과학 선생님들로부터 강한 영향을 받지 못했던 신영화는 <그림 23>과 같이 다른 교과와 차이가 없는 교사 중심의 전통적인 수업 방식에 대한 교수 이미지를 지니고 있다.



<그림 23> 신영화의 DASTT-C 1차

채점틀로 8점이 나와 ‘교사 중심’ 이미지로 분류된다. 교사는 타 교과의 수업과 수형 형태로 보면 구별이 안 될 정도의 전형적인 전통적 수업 형태인 강의식 수업에 있어서 교수-학습의 주체로 학습 내용에 관한 지식의 전달자 역할을

주도하고 있다. 물론 학생들이 교사의 질문에 답하는 것이 아니라 학생들의 발문이 모두 질문으로 구성되어 있는 것은 수업에서 전체적 주도권은 교사가 가지고 있으나 내용 전개상에 있어서는 학생들의 의문과 질문을 통해서 전개하고자 하는 의도가 엿보인다. 교사는 교실에서 오늘 수업의 주제와 학습 목표를 제시한 후, 학생들이 주제와 관련하여 궁금했던 내용을 질문하도록 하고 있다. 그림과 같은 보조 수업 도구의 사용에 대해서는 수업 중에 학생들에게 수업 내용과 관련된 것을 교사가 보여줘야 한다는 생각을 기본적으로 가지고 있는 것으로 보인다. 이러한 강의식 수업을 떠올린 이유에 대해서 신영화는 과학 수업이라고 하면 실험 수업이 연상이 되지만, 본인이 학생 때 화학과 생물과는 달리 지구과학에서는 실험을 했던 기억이 없으며 자신이 흥미로워하는 우주에 대한 수업에서는 실험이 아닌 사진이나 영상물과 같은 시각적 자료가 더 의미 있는 수업 방법으로 생각하고 있다. 이러한 생각은 이 주제뿐만 아니라 지구과학 교과 전체에 대한 수업 이미지로 확대되어 있다. 한편, 수업의 환경은 일반 교실이고 교사의 책상과 그 책상위의 수업 도구가 존재하지는 않지만, 교수의 상징인 칠판을 사용하고 있다.

수업의 진행은 주제에 대한 교사의 소개로 수업이 시작된 뒤, 학생들의 질문에 대하여 그림과 같은 보조 도구를 이용하여 교사가 적절하게 대답하는 방식을 취하고 있다. 이렇게 학생들의 질문에 대하여 교사가 답하면서 수업을 전개하는 것이 학생들의 창의성에 도움이 되는 열린 방식의 수업이라고 생각하고 있다. 하지만, 학생들의 질문에 대한 답을 교사가 모두 제시해주고 그 제시하는 과정이 결국 강의의 형태를 띠기 때문에, 신영화의 생각한 것과 같이 이 수업을 내용적으로 학생 중심의 열린 수업이라고 보긴 어렵다.

과학 수업 이미지로 지구과학을 떠올린 것에도 과학 교과로서의 수업 내용간의 과학적 원리와 개념의 관계의 설명보다는 자신이 흥미로워하는 주제를 학문의 대상으로 하고 있는 교과이기 때문이다. 수업 전개에서는 학생 중심의 수업을 희망하고는 있지만, 실제 표상된 수업 이미지는 교사 중심의 전형적인 일반 교실에서의 전통적 수업 방법이다. 이러한 자신의 의도와 달리 교사 중심 교수 이미지의 표출은 새롭고 다채로운 것을 좋아하는 본인 특성에 영향을 주는 즉, 강한 인상에 남는 과학 수업을 경험해 본적이 없기 때문일 것이다.

## 라. 초등교사관

신영화는 자신이 중·고등학생 때부터 장래희망으로 초등학교 교사가 되기를 원하였다. 그래서, 별다른 고민 없이 교육대학교에 진학하게 된다. 이러한 배경에는 가족 중에 교직에 계신 분들이 있었고 초등학교 교사의 직업으로서의 장점을 선호하기 때문이다.

**외할머니와 이모 두 분께서 교직에 종사하셨다. 가정환경이 어느 정도 나의 진로에 영향을 미친 것 같다. 또한, 초등 교사라는 직업의 장점에 많이 끌리게 되어 이 길을 택한 것 같다. -심충 면담**

교과로서는 고등학교 때 성적이 잘 나오는 영어를 좋아하는 경향을 보였지만, 실제 자신이 가장 전공으로 삼고 싶은 것으로는 미술을 선택하였으며 이는 초등학교 교사가 된 후에 가장 자신 있는 교과로도 그대로 연결된다. 가장 잘 할 수 있는 교과가 미술이고 교과 수업 중에 어려운 개념도 등장하지 않고 싫어하는 암기도 존재하지 않는 다고 생각하기 때문이다. 반면, 가장 어려워해서 계열 선택에서까지 영향을 미쳤던 수학은 학생들을 교사로서 가르치기에 가장 자신이 없는 교과이다. 마찬가지로 수학과 연관이 있는 과학과목도 가르치는데 있어서 겁이 난다고 하며, 두 교과 모두 지산에게 너무 어렵기 때문이라고 생각한다. 그래서 실제 학과 지망에서도 과학과는 정화하게는 기억하지는 못하더라도 후순위에 지망하게 된다.

미래에 교사가 되어 과학교과를 가르치는 상황을 상상하여 교사의 전문성 요소별로 자신의 과학 수업을 예상해보게 하였다. 지식 측면에서는 교과 지식뿐만 아니라 특히, 교육과정 지식을 중요하게 생각하고 있는 것으로 보인다. 이는 앞서 살펴본 신영화의 교사상에서도 나타났듯이 학생들이 너무 앞서가는 것도 반면 뒤쳐지는 것도 바람직하지 않으며 그 나이에 맞는 인성처럼 지식도 그 학년에 맞는 지식 내용을 교사가 제공해야 하는 것으로 생각하고 있다. 기술 측면에서는 DASTT-C 1차에서도 나타났듯이 과학 수업에서는 실험을 하거나 시각적 자극을 주는 것을 중요하게 생각하고 있다. 신념 측면에서는 교사의 수업에 대한 반성을 고려하며 일기라는 반성의 실천적 방법도 제시하고 있다.

**지식 측면: 교과 지식을 중심으로 하되, 교육과정에 대한 전반적인 특성을 알고**



아이들에게 효과적으로 가르칠 수 있도록 학급의 학년에 맞는 수업 방식을 택하겠다.

기술 측면: 어려움이 있는 아이들은 개별적으로 지도할 것이다. 동영상과 실험, 게임을 통하여 과학을 친근하게 느끼도록 하겠다.

신념 측면: 하루의 수업을 늘 반성할 것이다. 아이들의 반응을 살피고 다음부터는 더 개선된 모습을 보일 수 있도록, 일기를 쓸 것이다. - 설문

과학 교과 중 지구과학에 해당하는 부분을 가르칠 때에 대해서도 동일한 질문을 하였다. 이에 대하여 신영화는 지식 측면에서는 지구과학에 대한 교과 내용 지식을 고려하고 있는데, 이는 본인이 지구과학 교과 내용 지식이 현재 부족하다고 느끼기 때문이다. 기술적 측면에서는 앞서 언급한 수업의 도구와 방법에 실험이 빠지고 대신 그림이나 모형이 들어간 것으로 보아 지구과학에서 실험하기 힘들다는 선입견을 가지고 있으며 다른 과학과 달리 실험을 보여주기 어렵다고 생각하여 모형과 그림을 사용하고자 한다.

지식 측면: 초등학교 교과의 범위 내에서 지구과학 교과 내용을 전부 익힌다. 학생이 궁금해할만한 부분까지도 공부한다. 개정 7차 교육과정의 방향을 고려하여 학년에 맞는 수업을 하겠다.

기술 측면: 지구과학에 자신이 없다고 생각하는 아이들을 모아서 따로 지구과학에 대한 이해도/어려움을 파악하여 보충을 해줄 것이다. 따분한 이론보다는 그림이나 모형, 게임을 통해서 설명하겠다.

신념 측면: 하루의 수업을 끝낸 후, 어떤 주제에 취약한지를 파악하고 그 부분의 지식을 더 보충할 것이다. 학생들의 반응을 살핀 후, 학생들이 지루해 한다 싶으면 좀 더 흥미로운 소재를 응용해 수업을 준비할 것이다. - 설문

## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

지구에 비해 달의 크기를 비교하면 그 크기가 거의 비슷한데, 지구보다 조금 작을 것 같다고 생각하고 그리기에서는 달의 지름이 지구에 약 70% 정도에 해당하게 표현하였다. 태양의 경우는 수천에서 수만 배의 차이가 날 것이라고 생각하고 약 100배 정도로 표현하고 있다. 수치로는 많은 차이를 보였으나, 그리기로 표상하였을 때는 실제 지구와 태양의 크기의 비율에 가깝게 표상하고 있다. 대체적으로 지구, 달, 그리고 태양에 관한 스케일 모형이 제대로 형성되어 있지 않은 것으로 보이며, 정확한 수치로 표현하지 못하고 있다. 학교 수업에서 모형을 이용하여 학습했지만 크기의 비율이 얼마인지를 수치로 표현하는 것은 어려워하는데, 내용을 기억을 못하는 이유를 수업에 관심이 없었기 때문이라고 생각한다.

학교에서 모형을 보여준 거 같기는 한데, 기억이 잘 안나요. 지구와 달, 태양 이렇게 세 개가 자주 나오긴 했는데, 그게 정확히 기억이 안나요. 수치로 기억이 (수업에) 집중을 안했나. 별 흥미가 없었던 거 같아요. - 심충 면담

한편, 지구로부터 달까지의 거리에 대해서는 그림 상으로는 달은 지구로부터 지구 지름의 약 7배 만큼 떨어져 있기는 하지만, 역시 그림에 물음표를 제시하여 어떠한 근거를 가지고 있는 것 보다는 추측하여 나타낸 것이다.

### 나. 빛의 직진과 그림자

그림자가 생기는 이유에 대해서 ‘태양의 빛이 물체에 수직으로 떨어지지 않을 경우 그림자가 생긴다.’ 라고 서술하였다. 서술 문장으로 보았을 때 태양의 고도와 그림자의 길이에 관하여 언급하고 있다. 이는 햇빛이 막대기에 수직으로 비출수록 그림자의 길이가 짧고 햇빛과 막대기 사이의 각도가 커지면 커질수록 그림자의 길이가 길어진다는 뜻으로 그림자가 광원으로부터 직진하는 빛이 특정한 사물에 가려져 그 뒷면에 빛을 받지 못하여 형성되는 것이기에 대체적으로 그림자에 대한 이해는 바른 것으로 보인다. 한편, 달을 볼 수 있는 이유

에 대해서는 ‘지구가 자전을 하면서 우리나라가 햇빛을 등지게 돼서 어두워지지만 햇빛은 항상 밝기 때문에 달을 비추게 되고 우리가 그것을 볼 수 있다.’라고 서술하고 있다. 다소 모호한 내용의 서술이지만, 신영화는 우리가 보고 있는 달이 태양 빛을 반사하고 있음을 알고 있고 이를 낮에는 태양 때문에 볼 수 없으며 지구 자전에 의해 밤이 되었을 때 관찰 할 수 있다고 생각하고 있다는 것을 해석해 낼 수 있다.

한편, 빛의 직진과 그림자에 관한 탐색에서 모든 나무의 그림자가 평행하게 그려서 표현하고 있다. 심층 면담을 통하여 신영화는 앞서 자신이 추측한 바와 같이 지구 크기의 수천에서 수만 배가 될 정도로 큰 태양 때문에 빛이 평행하게 들어오기 때문에 이와 같은 그림자의 그림을 표현하였다고 한다. 그래서 지구의 표면에서 위도에 따른 막대기에 그림자가 어떻게 생성되는지의 질문을 이용하여 즉석해서 재검사를 해 본 결과가 그림자의 위치를 일반적으로 나타내는 위치와 일정한 각도를 가진 것을 빼고는 광원인 태양 빛을 평행하게 나타내고 이 빛과 막대기가 이루는 각도에 따라 그림자의 길이를 다르게 표현하는 것으로 보았을 때, 빛의 직진과 그림자에 대해서는 바른 이해를 가지고 있는 것으로 판단되었다. 다만, 이 과정에서 햇빛이 평행하게 들어오는 이유를 광원이 태양과 지구의 거리가 매우 멀기 때문이라고 생각하는 것이 아니라 태양이 매우 크기 때문이라고 생각하고 있음을 확인할 수 있다.

#### 다. 달의 위상 변화 모형

달의 위상변화의 원인에 대한 문장 선택지에서는 ‘달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다.’라는 내용을 선택하여 앞서 달이 보이는 이유에 대한 자신의 서술과 일맥상통함을 보였다. 즉 신영화는 달이 보이는 이유와 마찬가지로, 달의 위상 변화도 광원인 태양빛을 달이 반사하고, 이 반사된 빛을 지구에서 우리가 본다는 생각을 가지고 있는 것이다. 따라서 이미지로 제시된 선택지에서 반사모형을 선택할 것으로 예상된다. 하지만, 신영화는 그림자 모형을 선택하였다. 자신이 가지고 있는 반사모형이 지구와 태양 사이에 달이 위치해야 설명이 되는데, 달과 태양 사이에 지구가 위치하기 때문에 태양광에 의한 지구의 그림자가 자신이 반사모형을 이용하여 설명하고자 하려는 것을 방해하는 불만족의 상황이 발생한다.

신영화: 어떻게 되는 거지? <달을 가리키며>애가 <달의 위치가 지구와 태양 사이에서 달-지구-태양 위치로 변할 때> 이쪽으로 가면 <그림자 모형을 가리키며> 이렇게 안 되나? <한참을 생각 후> 애 <반사 모형을 가리키며>는 말이 안 되는 것 같은 데.

연구자: 어떠한 부분이?

신영화: 애도 어차피 안보이지 않을까요. 이렇게 돼버리면. 같이 비춰버리면. 이상하다! 해놓고 보니 ‘ㄴ(반사모형)’도 맞는 거 같은 데. -심층 면담

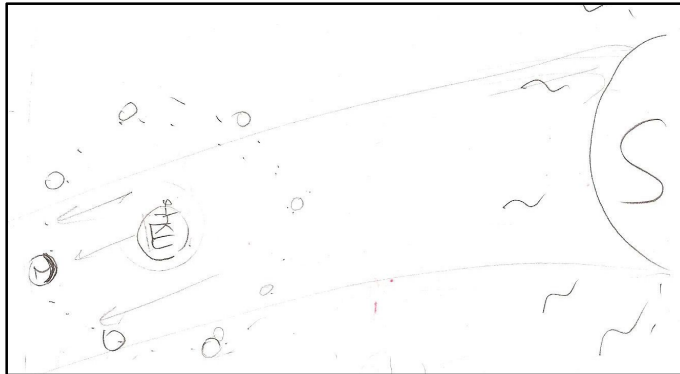
첫 번째 모형은 달의 위상이 일반적으로 사물을 볼 때와 마찬가지로 빛을 달이 표면에서 반사한 것을 의미하며, 달의 공전 궤도면에서 지구 쪽 앞면이 반사한 부분만이 관측되는 것이라는 개념 그리기를 대변한다고 볼 수 있다. 두 번째 모형은 달의 위상이 지구의 그림자의 영향에 의한 것이라는 생각에서 출발한다. 달과 지구 모두 태양의 빛을 받아 반사하는데, 태양으로부터 지구로 직진한 빛과 동일 선상에 위치한 달의 지구 쪽 부분은 그림자가 형성되기 때문에 반사할 태양 빛이 도달하지 못하며 그로 인하여 달의 일부가 보이지 않는 것이라고 생각한다.

신영화의 경우는 반사모형과 그림자모형이 달의 지구와 태양과의 상대적 위치에 따라 서로 모순사실을 일으켜 상호간에 불일치하거나 불만족한 상황을 만들어 내기 때문에 최종적으로 어떠한 모형이 자신의 생각을 반영하는 모형임을 선택하지 못하고 계속 갈등을 하게 된다. 자신이 달의 위상변화를 설명하기 위하여 가지고 있는 초기 모형을 확신하지 못하고 주어진 모형들과의 불일치요소나 불만족 요소를 해결하거나 해소하는 방향으로 자신의 모형을 발전시키는 것이 아니라, 이러한 요소들을 그대로 남겨둔 채 자신의 모형을 그림자모형이거나 반사모형 중 하나일 것이라고 모호한 초기 모형 상태에 머물러 버린다.

## 라. 달의 위상변화와 달의 일주

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 24>이다. 특이한 점은 달은 9개의 위치에 따라 궤도적 운동 모형을 지니고 있다는 것이다. 또한, ‘망’의 위치에서 그림자 모형을 표현하고 있다. 지구의 공전 궤도와 달의 공전궤도가 5° 기울어져 있음을 고려하지 못하고 두 궤도가 일치한다고 알고 있기 때문에 언제든지 ‘삭’의 위치와 ‘망’의 위치에서는 일식이나 월식이라는

현상이 생긴다고 생각하는 것이다. 그래서 신영화는 개념 그리기에 ‘태양이 지구 쪽으로 빛을 비출 때 지구가 달에 비추어지는 태양 빛을 가리게 되면서 달에 비추어진 부분적인 태양빛이 달의 모양을 결정짓는다. 이는 달이 지구 둘레를 서서히 공전하기 때문에 가능한 일이다.’ 라고 추가 서술하였다.



<그림 24> 신영화의 달의 위상 변화 개념 그리기

한편, 개념 그리기에 지구 자전을 표현하고 있지는 않았지만, 적어도 달의 위상이 지구의 표면에서의 위치에 따라 바뀌는 것이 아님을 알고 있다. 그래서 우리나라에서 보름달을 볼 수 있을 때, 다른 나라에서도 보름달로 보인다고 생각한다. 비록 그리기에 표상하지는 않았지만, 기본적으로 지구 자전에 대해 이해하고 있음을 짐작할 수 있다. 그래서 태양과 달이 뜨고 지는 방향이 동일하다는 것을 알고 지구 자전에 의한 것임을 바르게 이해하고 있다.

달의 위상 변화를 설명하는 모형에 있어서 초기 모형이 정확하게 반사 모형인지 그림자 모형인지 구별하지를 못하고 있다. 어느 모형이라고 한정하기에는 자신의 생각과 모순 사실이 존재하는 것을 알기 때문이다. 처음에는 반사 모형에 가까운 개념 모형을 지니고 있었지만, 달과 태양 사이에 지구가 위치하는 상황에서 불일치함을 깨달았기 때문에 그림자 모형으로 표상하고 있다. 물론 학교 학습을 통해 알고 있는 것을 이용하여 설명하고자 하는 것에 대하여 불일치 사실들로 인하여 자신의 모형을 정확하게 인지하지 못하고 있기는 하다. 하지만, 초기 모형과 설명하고자 하는 현상이나 개념들이 일관성에서 불만족함을 점차 인지하게 한다면 변화가 시작될 수 있다.

## 제 5 장 모형 기반 수업 전략의 수립과 실행

### 제 1 절 초기 정신 모형에 대한 이해

연구 참여자들의 달의 위상 변화 초기 모형을 탐색지와 개념 그리기 그리고 심층 면담을 통하여 인지적, 정의적, 환경적 요소별로 파악하였다.

달의 개념 모형에 있어서 모두 스케일 모형 항목은 크기와 거리가 모두 오개념을 지니고 있고 천체 운동 모형 항목 중 지구와 달의 공전 궤도와 일식과 월식에 대해서도 모두 오개념을 지니고 있음을 알 수 있다. 한편, 전수경을 제외하고는 광학적 개념에 문제가 없어 보인다. 달의 위상 변화 개념과 다른 연구 참여자들의 주요 오개념을 개념 분류틀에 따라 정리하면 <표 9>와 같다.

| 모형       | 항목     | 주요 오개념  |
|----------|--------|---|
| 스케일 모형   | 크기     | 달의 크기가 지구와 비슷하거나 조금 작다.                               |
|          | 거리     | 지구와 달의 거리가 지구 지름의 5~6배 정도이다.                          |
| 광학적 모형   | 광원     | 달이 광원이다   |
|          | 빛의 직진  | -   |
|          | 그림자    | 달의 어두운 부분은 그림자가 드리워진 것이다.<br>(‘삭’은 지구 그림자가 드리워진 것이다.) |
|          | 빛의 반사  | -   |
| 천체 운동 모형 | 달의 공전  | 달의 공전 주기는 하루이다.                                       |
|          | 지구의 자전 | 우리나라에서 보름달을 볼 때 다른 나라에서는 보름달로 보이지 않는다.                |
|          | 공전 궤도  | 지구와 달의 공전 궤도는 동일 평면상에 있다.                             |
|          | 일식과 월식 | 일식과 월식을 구분 못한다.<br>‘삭’의 위치에서 보름을 ‘망’의 위치에서 월식을 생각한다.  |

<표 9> 달의 위상 변화에 관한 연구 참여자들의 주요 오개념

한편, 다양한 배경을 보유한 연구 참여자들의 초기 모형에서 들어나는 특징들을 비교 및 분석해보면 다음과 같다. 그리고 이를 <표 10>에 정리하였다.

| 성명  | 주 환경 요인  | 정의적 요소        |                 |               | 인지적 광학 모형   |
|-----|----------|---------------|-----------------|---------------|-------------|
|     |          | 낮은 흥미         | 낮은 자아 효능감       | 실패 귀인         |             |
| 오로라 | 전통적 학교수업 | 어려움-현상 설명     | 이해 없이 외움        | 성적-물리, 이해력 부족 | 그림자 모형      |
| 이원리 | 전통적 학교수업 | 무관심-원리 적용이 없음 | 암기했기에 까먹으면 모름   | 능력 부족, 자신감 부족 | 불완전한 반사 모형  |
| 강초록 | 비전공 교사   | 무관심-궁금함 해소 못함 | 불완전한 이해로 외움     | 교사-지구과학 비전공   | 그림자 + 반사 모형 |
| 한차이 | 유학       | 어려움           | 암기식 공부          | 학교 교육, 교사     | 그림자+ 반사 모형  |
| 전수경 | 전학       | 무관심           | 문제집 풀이 암기-학업 결손 | 능력 부족         | 광원 모형       |
| 신영화 | 문과 진로    | -             | 불완전한 이해로 외움     | 문과            | 그림자 + 반사 모형 |

**<표 10> 연구 참여자의 통합적 초기 모형의 특징 요약**

첫째, 주 환경 요인들은 모두 학교와 관련된 것으로 전통적 학교수업, 비전공 교사의 수업, 유학, 전학 그리고 문과로의 진로 선택이 있다.

둘째, 정의적 측면에서는 이해력, 능력 그리고 자신감 부족이나 성적 같은 개인적 요소나 교사, 학교 교육 그리고 문과와 같은 환경적 요소들이 실패 귀인으로 나타난다. 또한, 공통되게 지구과학을 암기를 통해 학습하였기에 낮은 자아 효능감을 보여 개인적 실패 귀인 요소들과 서로 영향을 주고 있다. 한편, 낮은 흥미는 지구과학에 대한 오해나 선입견을 지녀 어려움을 느끼거나 무관심한 것이 주된 이유로 드러났다. 이러한 낮은 흥미, 낮은 자기 효능성 그리고 실패 귀인들이 정의적 측면에서 낮은 동기를 형성하게 한다.

셋째, 인지적 측면에서는 달의 위상변화를 설명하는데 있어서 전수경은 광원 모형이 등장하고 오로라는 잘못 형성된 지구와 달의 스케일에 의하여 그림자 모형이 나타나고 있다. 나머지는 반사 모형이 나타나는데, 이원리는 반사 모형을 지니고 있지만 그리기로 표상하지 못하고 강초록, 한차이 그리고 신영화는 ‘망’에서 그림자 모형을 표상하고 있다.

## 제 2 절 모형 기반 수업 전략의 구성 요소

연구 참여자들의 초기 모형에서는 인지적 측면의 개념 모형뿐만 아니라, 개념 모형 형성에 영향을 준 정의적 측면과 환경적 측면의 다양한 요소들이 탐색되었다. 탐색된 통합적 초기 모형을 기반으로 효과적인 통합적 모형 기반 수업이 일어날 수 있도록 인지적 측면, 정의적 측면 그리고 환경적 측면을 고려하여 교사(교수)가 관여하고 조작할 수 있는 구성 요소들을 살펴보았다. 그리고 구성 요소들을 전체 14주에 걸친 강의에 반영하였다.

### 1. 인지적 측면

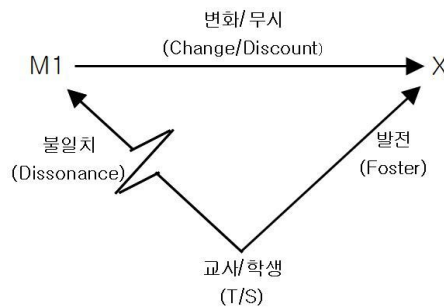
교사와 학생이 모형 기반 학습을 통하여 모형을 진화하는 과정을 본 연구에서는 M. C. Nunez-Oeido et al(2007)가 선행 연구에서 사용한 부당성 입증 모드(Dis-confirmation Mode), 수정 모드(Modification Mode), 확증 모드(Confirmation Mode), 그리고 첨가 모드(Accretion Mode)와 같이 4개의 모드로 구분하여 정의한다. 기존 연구들이 수업 중 교사와 학생의 상호작용에서 학생들의 언어와 표현에 초점을 두고 분석을 하고 있다. 하지만, 이 연구에서는 오개념을 포함하고 있는 초기 모형에서 수업에서 목표로 하는 형성모형까지의 학생들의 모형 진화를 일으키는 모형 기반 수업을 수행하는 교사의 수업 전략에 초점을 두고 있기에, Clement(2000)가 사용한 방법을 좀 더 구체화하여 연구에 적용한 M. C. Nunez-Oeido et al(2007)의 정의를 사용하는 것이 본 연구에 적합하다. 이와 같은 학생들 상호작용의 모델링의 방법은 교실 담화에 관해 수행한 선행 연구와도 관련되어 진다(Resenick, Salmon, Seitz, Wathen, & Holowchank, 1993). 각각의 모드를 살펴보면 다음과 같다.

#### 가. 부당성 입증 모드

모형은 학생들이나 교사에 의해 평가되어진다. 만약 모형에 대한 비난이 충분히 강하면 그 모형은 교실에서 논의 과정 중에 버려질 것이다. 부당성 입증 모드는 모순 사건, 모순 질문, 또는 사고 실험과 같은 불일치 전략에 의해 발견되는 에피소드들의 결과이다. <그림 25>와 같이, 시간은 왼쪽에서 오른쪽으로



이동하면서 흘러가고, 모형 M1을 거절하게 하는 불일치 현상을 유발하는 사건은 교사나 학생에 의해서 도입된다. 지그재그 선은 모순 질문, 유추, 활동 또는 사고 실험과 같은 수업 자원들에 의해 야기되는 선행 모형과의 불일치나 불만족을 의미한다. 불일치가 충분히 강하다면 모형은 무시될 것이고 'X' 표시로 표현되어진다. 부당성 입증 모드를 사용할 때 반드시 그 생각이 학생들의 마음속에서 완전하게 사라져지는 것을 필연적으로 암시하지는 않는다. 그러나 이런 모형이 논의 과정 중에 재출현하지 않을 때, 학생들이 이것을 거부했다는 명확한 증거가 된다. 이러한 부당성 입증 모드는 모형 전체에 적용될 수도 있고 모형의 요소에 적용될 수도 있다. 따라서 학생들의 오개념들을 정확히 파악한 후, 오개념에 대한 부당성 입증 모드를 수업 전략에서 사용하면 초기모형에서 오개념을 효과적으로 제거할 수 있다.

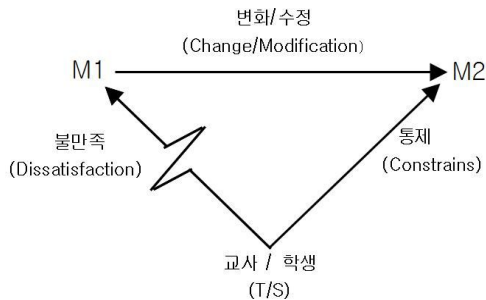


<그림 25> 부당성 입증 모드

## 나. 수정 모드

수정 모드에서는 부당성 입증 모드와 비슷한 과정이 전개된다. 모형을 버리는 대신에 학생들이 지니고 있는 모형 M1을 확장하거나 고쳐서 수정한다. M1 모형이 적어도 부분적으로라도 목표 개념과 경쟁이 될 때, 수정/변경 모드는 성공적일 수 있다. <그림 26>과 같이 M1 모형은 교사나 학생에 의하여 의문되어지고 불만족이 원인이 되어서 M2 모형으로 수정이 발생하게 된다. 교사나 학생으로부터 M2에 이르는 화살표가 이러한 수정을 통제함을 의미한다. 수정 모드를 모형 요소의 추가, 요소의 삭제, 요소의 대체와 같이 3개의 하위 단계로 나누어 정의할 수 있다. 지그재그 선은 모순 질문, 유추, 활동 또는 사고 실험과

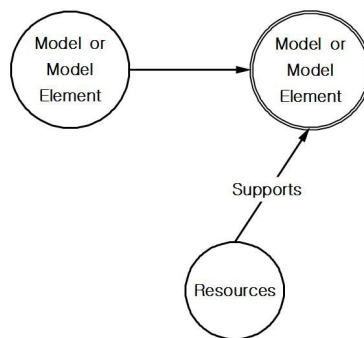
같은 수업 중 제공되는 자원들에 의해 야기되는 선행 모형과의 불일치나 불만족을 의미한다. 따라서 학생들의 초기 모형을 정확히 파악한 후, 부족한 요소의 추가나 오개념 요소의 삭제와 대체 등에 수정 모드를 사용하는 수업 전략으로 초기모형을 효과적으로 수정 할 수 있다.



<그림 26> 수정 모드

#### 다. 확증 모드

<그림 27>과 같이 확증 모드에서는 교사나 학생들은 기존의 설명 모형이나 모형의 구성 요소를 지지하기 위한 증거를 제시한다.



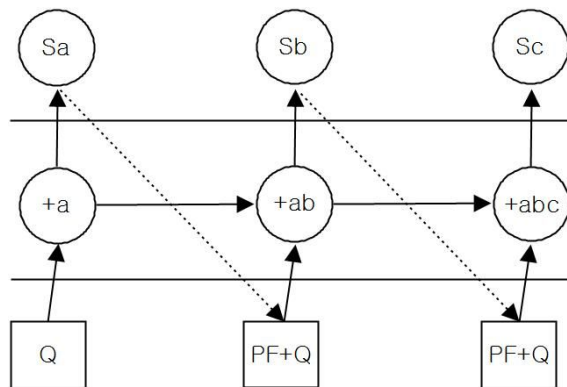
<그림 27> 확증 모드

관찰, 사고 실험, 이론 제시와 활동 등과 같은 수업에서 제공되는 자원들에 의해 기존의 설명 모형이나 모형의 구성 요소들이 평가를 받게 된다. 그 결과 수업 자원들이 기존 모형을 지지하는 증거의 역할을 하면 기존 모형은 교사나

학생들의 평가에 의해 살아남게 된다. 뿐만 아니라, 학생들은 신념적으로 그 설명 모형에 대한 신뢰가 더욱 쌓이게 된다. 따라서 바른 개념으로 진화한 학생들의 모형이 이 확증 모드를 통하여 검증의 단계를 거쳐 신뢰를 쌓으면 장기간에 걸쳐 학생들의 설명 모형으로 자리 잡게 될 것이다. 이러한 확증 모드를 수업 전략에서 사용하면 바르게 형성된 모형을 학생들의 인지 체계에 확고하게 구성하게 할 수 있다. 이와 같은 확증 모드는 모형 전체에 적용될 수도 있고 모형의 요소에 적용될 수도 있다.

## 라. 첨가 모드

첨가 모드는 교실 수업에서 교사와 학생 상호작용의 패턴을 좀 더 구체화한다. <그림 28>과 같이, 첨가 모드는 교사의 질문(Q)과 학생의 대답(Sn) 그리고 교사의 긍정적 피드백(PF)으로 구성된 상호작용 패턴의 반복이다. 교사는 “훌륭해” “그렇지” “맞아” 등의 단어 표현이나 즉시 다음 질문을 함으로써 학생들의 대답에 대한 즉각적이면서도 긍정적인 피드백을 제공할 수 있다. 패턴의 연속성으로 인해, 모형을 구성하는 요소들을 선택적으로 부가할 수 있다. 교사는 선두 질문을 학생들이 추론할 수 있는 쉬운 생각에 관하여 제시함으로써 모든 조각들이 옮겨 구성되어지는 모형의 요소들의 연속선상에 함께할 수 있도록 도울 수 있다. 따라서 수업 전략에 적용하면 교사 질문에 상호작용 패턴이 연속성을 부여하는 첨가모드를 활용함으로써 모형의 구성 요소들을 부가할 수 있다.



<그림 28> 첨가 모드

## 2. 정의적 측면

정신 모형에 영향을 주는 정의적 측면 요소로는 동기, 느낌, 태도, 감정, 화 그리고 가치 등이 있다. 이러한 정의적 요소들은 극히 개인적인 감정 상태에 달려 있으며 개인에 따라 그 영향의 정도나 경향성이 다르게 나타나기에 정량적으로나 정성적으로 측정하기가 어려울 뿐만 아니라 교사가 인위적으로 조작하기에도 쉽지 않다. 그래서 수업 전략으로서의 정의적 측면 요소의 반영은 최대한 수업과 교실 등의 교수 환경에서 제공할 수 있는 내용을 고려하여 적용한다. 여러 정의적 요소 중 교육학적 시사점을 제공해주는 것은 동기(Motivation)이다. 특히 동기를 구성하는 요소 중에서 내재적 동기 중 상황 흥미와 성취 목표 중 숙달 목표는 교사가 전략적으로 유도할 수 있는 항목이다.

### 가. 내재적 동기 - 흥미

내재적 동기인 흥미를 구성하는 요소인 개인적인 흥미와 상황적 흥미는 모두 학업 성취 향상에 많은 영향을 미친다. 특히 교육학적으로는 상황적 흥미가 학생들이 수업과 과제에 집중할 수 있게 해주어 성취도 향상에 기여한다. 그래서 교사들은 교수 내용뿐만 아니라 이러한 상황적 흥미를 유발 할 수 있는 방법을 고려해야 한다. 무엇보다도 사로잡기 요소뿐만 아니라 지속 요소를 함께 어떻게 장려할 것인지 그 방법적인 면을 고민하여야 한다.

### 사로잡기 요소(Catch factor)

과학 자체에 흥미가 부족한 연구 참여자들에게는 기존의 전통방식 교육에서 볼 수 없었던 새로운 요소들을 제공하여 상황적 흥미를 유발하는 사로잡기 요소의 역할을 수행하도록 수업 중 예비교사들에게 제공되는 자원에 포함시켰다. 예를 들어, 각 특정 내용의 도입부분에서는 내용과 관련된 과학송을 사로잡기 요소로 이용하였다. 과학송은 관련 내용을 재미있는 애니메이션 형태의 영상과 노래로 구성된 플래시 형태의 컴퓨터 프로그램으로 LG 사이언스랜드 웹사이트 (<http://www.lg-sl.net>)에서 무료로 다운 받아 사용할 수 있다. 또 다른 예로 지난 2008년 8월 인터넷 검색엔진 ‘구글’에서 가장 많이 검색된 음모론 10개를 영국의 신문 이코노미스트지가 선정한 세계 10대 음모론 중 하나인 아폴로 달 착

륙의 진실 공방과 같은 사회적 이슈를 아폴로 11호의 착륙 사진과 함께 살펴보는 등 과학을 두려워하는 예비교사들에게 좀 더 친근한 문학이나 사회 이슈 등의 다가가기 수월한 내용을 예비교사들의 수업 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로 사용하였다. 또한 수업을 전개하는 방법에서도 사로잡기 요소를 가미할 수 있는데, 주변에서 쉽게 구할 수 있는 사물을 활용하거나 자신의 신체를 이용하는 활동들을 이용하여 수업을 전개하였다. 예를 들면, 달의 위상변화와 일주운동과 같은 개념을 사물 모형을 이용하여 공간상에 표현하는 활동을 하거나 제스처를 첨가하여 교사와 함께 참여하여 할 수 있도록 하는 활동을 수업 중 사로잡기 요소로 활용하였다.

### 지속 요소(Hold factor)

내용 학습을 시작하기 전과 내용 학습이 마무리된 후에 지속 요소를 제시하였다. 전자의 경우는 수업에서 다루는 내용의 학습자들에게 유용함을 강조하여 상황 흥미와 더불어 수업 내내 흥미를 지속적으로 유지할 수 있도록 하는 데에 그 목적이 있다. 후자의 경우는 수업에서 만들어진 흥미를 수업을 마치고 나서도 유지할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

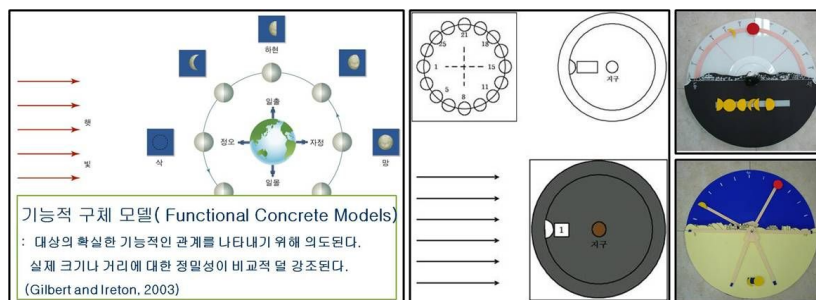


<그림 29> 수업 전 지속 요소 1: 교육 과정(좌), 학문적 배경(우)

수업 내용 전에 제시한 지속 요소로는 <그림 29>와 같이 두 가지가 있다. 첫째는 해당 학습 내용에 해당하는 초등 교육과정을 제시하는 것이다. 예를 들어, ‘여러 날 동안 해가 진 직후 같은 시각에 보이는 달의 모양과 위치 변화를 알고, 그 이유를 설명할 수 있다.’와 같이 교육과정 지식을 제시하고 수업을 통하여

관련 교과 내용 지식을 습득해야 하는 수업 내용의 교육적 유용성을 강조하였다. 또한 교육과정 지식과 교과 내용 지식의 중요성은 1장에서 ‘교사에게 필요한 전문성 요소는 무엇인가?’ 라는 주제로 예비교사들의 생각을 바탕으로 정리하는 수업을 한다. 두 번째 지속 요소로는 해당 학습 내용에 해당하는 지구과학 학문 분야를 소개한다. 예를 들어, 과학송인 ‘천문송’과 우리 조상의 과학 산물인 첨성대 등을 이용하여 천문학의 학문적 의미와 천문학에서 추구하는 것에 대하여 제시하여 줌으로 천문학 분야 수업의 학문적 유용성을 강조한다.

수업 후에 지시된 지속 요소로는 3가지가 있다. 첫 번째는 해당 학습과 관련된 교수적 내용 지식(PCK)에 관한 것이다. 예를 들어, 달의 위상 변화와 일주운동 내용 학습에서 가장 흔하게 사용되는 <그림 30>의 기능적 구체 모형의 교육적 의미로서 수업 중에 활용의 장점과 단점에 대해서 논의한다. 또한 <그림 30>의 우측과 같이 달의 위상 변화와 일주운동에 관련된 모형을 직접 제작하여 살펴볼 수 있는 모형 제작 수업 자료 3종을 제시하였다. 이러한 모형 제작 수업 자체가 예비교사들이 현장에서 수업 중 상황 흥미를 유발 할 수 있는 사로잡기 요소와 지속 요소의 역할을 모두 수행할 수 있다. 이와 같이 예비교사로서 해당 학습과 관련된 내용을 효율적으로 가르치는 방법에 대한 관심을 바탕으로 현장 실습과 미래의 현장 근무까지의 교수법을 고민하게 해봄으로써 상황 흥미 유발에서 지속 요소로 작용한다.



<그림 30> 수업 후 지속 요소 2: 기능적 구체 모형(좌), 모형 제작 수업(우)

두 번째는 수업 전에 제시한 해당 학습 내용 관련 교육과정에 명시된 학습 목표를 수업을 통하여 달성하였는지의 확인과 과제와의 연계성 제시이다. 예를 들어, 교육과정에 명시된 항목을 <그림 31>과 같은 결과에 상응 시킬 수 있는

지를 살펴본다.



<그림 31> 수업 후 지속 요소 3: 교육과정과 기말 과제

또한, 선택형 기말 과제 중 달 관측 보고서에서 실제 여러 날에 걸쳐 같은 시간에 관측한 결과를 모아서 이와 비슷하게 보고서에 산출 결과를 작성할 것을 안내하여 수업 내용과 과제의 관련을 지어준다. 이와 같이 해당 학습과 관련된 교육과정 상 학습 목표와 수행해야 할 과제의 수업 관련성을 확인해보는 것은 예비교사들의 학습내용이 수업 중에 이해한 것으로 종결되는 것이 아니라, 한 학기동안 수행해야할 관찰 과제와 연계되며 나아가 추후 교육 현장에서 가르쳐야 할 교육과정의 내용임을 상기시켜 수업 내용에 의미를 부여함으로 상황 흥미 유발에서 지속 요소로 작용한다.

마지막으로는 예비 초등 교사로서 해당 단원을 초등학생들에게 가르칠 때의 태도를 강조하여 지속 요소로 사용할 수 있다. 예를 들어, 3장에서 5장에 이르는 천문 내용의 학습이 끝난 후 ‘마지막으로, 학생들에게 희망을’이라는 제목으로 <그림 32>와 같이 우리나라의 우주 개발의 현 주소를 소개하고 과학송 중 ‘우주인송’을 이용하여 수업을 마무리한다. 이때, 수업의 마지막 멘트로 ‘비록 여러분들은 학생 때 과학에 흥미가 없고 별로 좋아하지 않았다 할지라도 (여러분과 달리) 여러분들에게 배우는 학생들 중에는 과학자도 나올 수 있고 미래에 대한민국이 직접 쏘아올린 우주선에 탑승한 최초의 우주인도 나올 수 있다는 것을 잊지 마세요. 그렇다면, 학생들이 여러분들 때문에 과학에 흥미를 잃어서는 안 되겠죠.’를 사용하여 예비교사들에게 해당 단원을 학생들에게 지도할 때 가져야 할 사명감 같은 태도를 배양할 수 있도록 한다. 또한, 교육과정에서도 ‘인류가 우주를 탐사하는 이유를 생각해 보고, 우주 탐사에 대한 꿈을 키운다.’

와 같은 목표가 기술 되어 있음도 상기시켜준다. 이와 같이 해당 학습 내용과 관련된 교육과정 상 제시된 학습 목표 중 태도에 관한 목표를 이용하여 예비 교사에게 상기시킴으로 교사로서 갖추어야 할 태도의 측면에서 관련 학습 내용에 의미를 부여하기 때문에 상황 흥미 유발에서 지속 요소로 작용하게 된다.



<그림 32> 수업 후 지속 요소 4: 태도

결과적으로 수업 내용 학습 전과 후에 사용한 상황 흥미유발의 지속 요소는 학습 내용 자체의 학문적 유용성뿐만 아니라, 예비 초등 교사를 교육시키는 교육대학교의 특수성을 활용하여 교육적 관점에서의 유용성을 강조하였다. 또한, 초등교육과정과 연계하여 초등 교사로서 지녀야할 전문성 요소로서 교과 내용 지식, 교육 과정 지식, 교수적 내용 지식(PCK) 그리고 태도 등임을 강조하여 상황 흥미 유발에 있어 지속 요소의 역할을 수행하도록 하였다.

## 나. 성취 목표

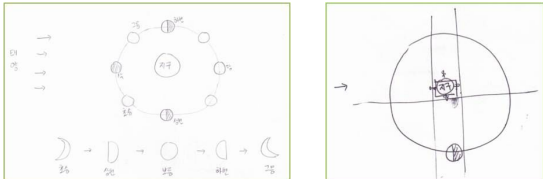
예비교사들이 수업을 통한 성취 목표는 학습이나 과제를 수행함에 있어서의 목적의 지향을 숙달 목표와 성과 목표의 두 가지로 나눌 수 있다. 이 중 성과 목표는 예비교사들이 스스로 이 수업과 강좌를 통하여 다른 사람들과 경쟁하여 받는 학점에 대한 목표 등이 될 것이다. 물론 교육적으로 성과 목표를 적절히 자극해주면 학업 동기로서 예비교사들의 모형 형성에 도움이 되는 영향을 주는 정의적 요소일 수 있다. 하지만, 오히려 지나친 경쟁이나 자신의 능력에 부합되지 않는다고 느꼈을 때는 오히려 악영향을 줄 수도 있다. 한편, 숙달 목표는 예비교사들이 교과 내용 지식이나 교수적 내용 지식을 습득하거나, 학습 내용을



이해하려고 노력하여 각자의 역량을 향상 시키거나, 또는 나름대로의 성취 목표에 도달하는 것이기 때문에 개념 모형 형성에 동기가 되는 매우 유의미한 정의적 요소로 고려될 수 있다.

### 숙달 목표(Mastery goals)

숙달 목표는 그 의미상 매우 개인적인 목표에 해당하기는 하나, 수업 중에 교사가 예비교사들에게 일반적인 숙달 목표의 가이드를 제시해 줄 수 있다. 이 때 명시되는 숙달 목표들이 예비교사들의 수준에 너무 어렵거나 혹은 양적으로 지나치면 예비교사들은 부담스러워 할 것이고 숙달 목표에 도달하기가 어려울 것이다. 그래서 모형 기반 학습의 이론을 적용하면 적절한 단계의 중간 모형들을 설정하여 제공해 주면, 그 중간 모형들이 학습 중 교과 내용 지식에서의 숙달 목표가 될 것이다. 예비교사들은 모형 기반 학습을 통하여 중간 모형을 거치는 모형의 진화가 발생하여 최종 목표 모형에 도달하게 되는데, 최종 목표 모형 역시 숙달 목표이다. 예를 들어, 3강과 4강의 숙달 목표를 정리해 보면 <표 11>과 같다. 이와 같이 중간 모형들과 목표 모형으로 구성된 숙달 목표들을 제공하면 예비교사들의 부담은 줄어들어 적절한 목표 지향을 지니게 되어 모형 형성에서 정의적 측면에서 동기 유발의 역할을 담당하게 된다.

| Mastery Goals |   |
|---------------|---|
| 중간<br>모형      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 달빛은 태양빛을 반사한 것이다.</li> <li>· 망에서 달의 위상은 보름이며, 지구의 그림자로 가려질 때는 월식이다.</li> <li>· 달의 밝은 부분은 태양빛을 반사한 것과 우리가 볼 수 있는 달의 앞부분이 겹치는 부분이다.</li> <li>· 달도 지구 자전에 의해 동에서 서로 일주 운동이다.</li> </ul> |
| 목표<br>모형      |   |

<표 11> 숙달 목표

### 3. 환경적 측면

수업 전후와 수업 중에 제공되어 지거나 한 학기 내내 영향을 미치는 학습에 관계된 환경은 맥락적(Contextual) 환경과 문화적(Cultural) 환경으로 나누어 살펴볼 수 있다.

#### 가. 맥락적 환경

맥락적 환경으로는 강의 커리큘럼, 교사 질문, 과제, 평가, 수업 분위기 그리고 연구 참여 등이 수업 전후와 강의 중에 제공될 수 있다. 이러한 맥락적 환경 중 교사가 조작 가능한 것은 커리큘럼의 작성, 교사 질문의 배열, 과제와 평가의 제시와 제시 시기, 그리고 연구 참여자의 수업 전후의 모형 탐색 등이 있다.

#### 강의 커리큘럼(Instructional Curriculum)

대략적인 강의 커리큘럼은 예비교사들이 수강 신청 전에 접할 수 있다. 첫 번째 강의인 1강에서 도입으로 커리큘럼을 설명하였다. 강의에서 다루는 내용적 영역은 모형 기반 수업을 통한 지구과학 내용 학습과 지구과학 교육 이론 및 실습이다. 강의의 참고 문헌으로는 ‘Science Learning, Science Teaching’(Jerry Wellington & Gren Ireson, 2008)과 ‘Model Base Learning and Instruction in Science’(John J. Clement, 2008)을 사용함을 공지하였다. 강의 전체에서 지구과학 교육 내용을 지구계 교육의 구성을 바탕으로 모형 기반 수업 전략을 적용하도록 하였고 이를 예비교사들과 1강과 2강에서 다루었다. 3강에서 5강까지는 지구와 천체에 대한 지구 과학 내용으로 모형 기반 학습을 하였다. 6강에서는 3강과 4강의 수업 내용과 관련된 기존 학교 수업에서 주로 사용하는 기능적 구체 모형의 장단점과 문제점. 추가로 달의 위상변화 모형 제작을 이용한 학습 자료를 같이 살펴보고 5강에서 다른 계절의 변화와 관계된 양부일구를 살펴보았다. 7강에서 10강까지는 지구의 암석권에 대한 내용을 학습하는데, 7강에서는 화석을 통하여 지구의 역사를 살펴보는 것을 시작으로 하였다. 8강에서는 화성론과 수성론의 논쟁을 기반으로 지표의 형성을 암석과 함께 학습하고 9강과 10강에서는 지표의 점진적인 변화와 급진적인 지각 변동을 다룰 것이다. 11강에서 14강까지는 기권에 대한 내용을 대기 중의 물을 중심으로 살펴보았다. 11강

에서는 수증기량과 날씨의 관계를 12강에서는 단열변화에 따른 구름의 생성과 강수 이론을 다루었고 13강과 14강에서는 기압을 중심으로 바람과 전선의 형성 그리고 일기도와 일기예보에 대하여 학습하였다. 그리고 마지막 주에는 기말고사를 실시하였다. 구체적인 커리큘럼은 <표 12>와 같다.

| 주  | 강의  | 강의 주제   |
|----|-----|---|
| 1  | 1강  | Introduction, 과학(지구과학) 교육과정, 지구계 교육(ESE)                        |
| 2  | 2강  | Science Learning & Teaching, Model Based Learning & Instruction |
| 3  | 3강  | 지구와 천체1 - 천문 intro. 달의 위상                                       |
| 4  | 4강  | 지구와 천체2 - 달의 위상변화와 일주운동   |
| 5  |     | 참관 실습   |
| 6  | 5강  | 지구와 천체3 - 태양계, 계절의 변화   |
| 7  | 6강  | 지구와 천체4 - 달의 위상변화 모형 학습 자료, 양부일구                                |
| 8  | 7강  | 암석권1 - 암석권 intro. 화석과 지구의 역사                                    |
| 9  | 8강  | 암석권2 - 지표의 형성(화성론, 수성론)   |
| 10 | 9강  | 암석권3 - 지표의 변화와 암석 순환, 조륙 운동                                     |
| 11 | 10강 | 암석권4 - 지각 변동(조산 운동)과 지진 (판구조론)                                  |
| 12 | 11강 | 기권1 - 기권 intro. 날씨와 대기 중의 물                                     |
| 13 | 12강 | 기권2 - 구름의 생성과 강수 이론 (단열변화)                                      |
| 14 | 13강 | 기권3 - 기압과 바람  |
| 15 | 14강 | 기권4 - 일기도와 일기예보   |
| 16 |     | 기말고사  |

**<표 12> 강의 커리큘럼**

강의 커리큘럼의 전체적인 구성에 있어서 특징과 이유를 정리해 보면 다음과 같다.

첫째, 전체적인 강의와 관련된 과학 교육 이론(교육과정, 지구계 교육, 과학 학습과 교수법, 모형 기반 학습 등)의 개론을 1강과 2강에서 다룬다. 이는 전체 강의 구성의 교육적 이론의 틀을 예비교사들에게 안내함으로서 학습 효율성을 높이기 위함이다. 또한 지구계 교육을 통한 강의에서 다룰 지구과학의 교과 내

용 지식과 교육과정 지식의 가이드라인을 제시하고 과학 학습과 교수법에 대한 개괄적인 안내와 모형 기반 학습을 통한 지구과학 교육에 대한 소개는 예비교사들에게 강의 전반에 대한 두려움을 줄이고 각각의 학습내용의 연계와 학습의 타당성을 인식하여 비교적 효율적인 학습이 일어날 수 있도록 도와줄 것이다. 마찬가지로 이유로 3강부터 14강의 내용 강의 중에서도 3강에는 지구와 천체, 7강에서는 암석권 그리고 11강에서는 기권에 대한 초등교육과정을 강의 도입으로 사용하였고 각각의 지구과학 내 학문 분야를 소개하였다. 그리고 각 내용 전개에 따라 관련된 교육 이론(학습법 혹은 교수법)이나 예시를 살필 수 있도록 구성하였다.

둘째, 초중등 교육과정에서 암석권이 제일 먼저 등장하는 것과는 달리 지구와 천체 분야를 가장 먼저 다루었고 수권에 해당하는 대기 중의 물은 기권의 내용에 포함시키고 해양 분야의 학습은 생략하였다. 천체 분야는 예비교사들에게 지구와 별이라는 호기심의 대상이면서도 학문적으로 어렵게 느끼는 경우가 많아서 강의의 초반에 배치하는 것이 교사로서는 부담스러운 내용임에도 불구하고 커리큘럼에서 가장 먼저 다룬 이유는 달 관측 과제 때문이다. 약 3개월에 걸친 동안 실제 달 관측 보고서를 작성하기 위하여 동일한 위상을 관측할 수 있는 기회는 2번 정도에 불과하다 관측은 날씨의 영향을 받기 때문에 지구와 천체의 내용을 3강에서 6강에 다루게 되었다. 한편, 해양에 관계된 내용을 커리큘럼에서 뺀 이유는 14주 동안 14시간에 걸쳐 지구과학의 전 분야를 다루는 것은 불가능하다고 볼 수 있다. 그래서 초등 교육과정에서 등장하지 않는 해양 부분을 어쩔 수 없이 생략하였다.

셋째, 지구와 천체 분야는 학습 자료나 활동 예시를 6강에서 별도로 하였으나, 암석권과 기권은 이미 수업 중 모둠 활동으로 포함 시켰다. 예를 들면, 7강에서는 ‘공룡 화석의 재구성 활동’을 12강에서는 ‘안개(구름)이 어떻게 생겼을까요? 활동’을 포함하고 있다. 이 활동 수업은 실제로 수강생들이 강의 중에 일부나 전체를 체험해보고 활동 안 예시와 실제 학생들이 수업하는 모습을 보면서 실제 학생들과 수업 할 때 상황을 가정하여 구성주의 관점에서 유의할 사항들을 논의해 보았다. 여기에는 두 가지 이유가 있는데, 먼저 지구와 천체 분야를 상대적으로 다른 분야에 비하여 어려워하고 모형 수업 구성 상 개념의 연속성이 요구되어 수업 중 활동만 실시하고 교육적 관점의 해석이나 논의를 별도로

6강에서 실시한 것이다. 또, 이 부분에서 가장 흔하게 사용하는 기능적 구체 모형의 교육적 의미와 장점 그리고 한계점을 별도로 살펴보는 시간을 가졌다. 그리고 이를 보완할 방법으로 수업 중 제시하였던 활동을 추가할 것을 고려하게 하였다.

### 교사 질문(Teacher's Questions)

수업 중 발생하는 교사(교수)와 예비교사의 상호작용에서 교사가 어떤 내용의 질문을 하는 지의 내용적인 것도 중요하지만, 교사의 질문을 시간의 흐름에 따라 어떤 순서대로 나열할 것인가도 매우 중요하다. 특히 질문 순서는 예비교사들이 설명 모형을 형성해 가는 과정에서 맥락적인 환경 요인으로 작용하게 된다. 달의 위상 변화와 달의 일주 운동에 관한 2차기 수업에서 교사 질문을 연구 참여자들의 초기 모형 탐색을 바탕으로 예비교사들을 강의 중에 목표 모형에 도달시키기 위해 <표 13>과 같은 맥락으로 구성하였다. 이와 같은 교사 질문의 맥락적 구성은 인지적 측면의 교수 전략에 포함되어 불일치와 불만족을 유발하는 모순 질문과 현상을 설명하기 위한 메타 질문 등으로 구성되어 있다.

| Part | Code | Teacher's Questions             |
|------|------|---------------------------------|
| 1    | TQ1  | 우리 눈에 보이는 빛의 실체는?               |
|      | TQ2  | 태양 빛의 정체는?                      |
|      | TQ3  | 우주에서 본 지구 모습의 정체는?              |
|      | TQ4  | 우리 눈에 보이는 달빛의 정체는?              |
| 2    | TQ5  | 어두운 부분은 무엇인가?                   |
|      | TQ6  | 지구에 의해 달의 그림자가 드리워지는가?          |
|      | TQ7  | 망에서의 달의 위상은 무엇인가?               |
| 3    | TQ9  | 달의 어두운 부분은 안 보이는 것인가? 못 보는 것인가? |
|      | TQ10 | 달의 공전 궤도 상의 각 위치에 따른 달의 위상은?    |
| 4    | TQ12 | 달은 언제 볼 수 있는가?                  |
|      | TQ13 | 낮과 밤은 왜 생기는가?                   |
|      | TQ14 | 지구 자전에 의한 현상은?                  |
|      | TQ15 | 달의 일주 운동 방향은?                   |
| 5    | TQ16 | 다른 나라에서 달의 위상이 어떻게 보일까?         |
|      | TQ17 | 그럼 다른 나라와의 차이는 무엇인가?            |
|      | TQ18 | 위상에 따른 달의 뜨고 지는 시간은 어떻게 되는가?    |

<표 13> 교사의 질문 맥락

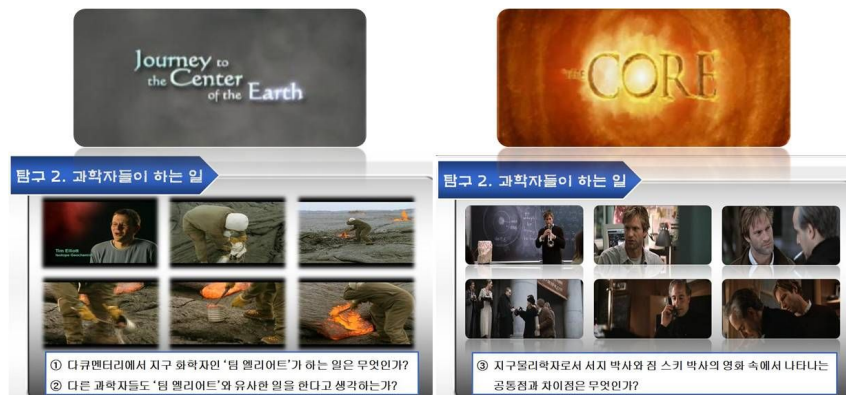
## 과제(Assignment)

선택형 기말 과제를 전체 14주의 걸친 수업 중 첫 번째 수업인 1강에서 도입부에 강의 계획, 강사와 수업 카페 소개 그리고 평가 안내 후 부여하였다. 예비교사들은 교사에 의해 제시된 3개의 주제 중 2 가지를 택하여 과제를 수행한다. 수행한 과제는 기말 고사 실시 후 1주일 이내에 전자 우편을 통하여 제출하도록 하였다.

첫 번째 주제는 ‘관측’ 이다. 과학과 관련된 문화를 능동적으로나 수동적으로도 거의 접하지 못한 연구 참여자를 비롯한 예비교사들은 과학의 연구와 탐구의 대상이 되는 사물이나 현상을 관심을 가지고 관찰하거나 관측한 경험이 거의 없다. 그래서 한 학기 동안 지구과학의 연구와 탐구의 대상이 되는 사물이나 현상을 과학의 탐구 방법 중 하나인 관측을 통해 경험해보게 하는 것을 그 목적으로 하였다. 구체적으로는 교육과정에서도 탐구 활동으로 ‘여러 날 동안 해가 진 직후 같은 시각에 보이는 달의 모양과 위치 변화 관찰하기’와 ‘해가 진 직후 같은 시각에 보이는 달의 모양 변화 관찰하기’를 제시되어 있는 바, 달 관측을 첫 번째 과제로 부여하였다. 부가적으로 최소 보름 이상 같은 시간 같은 장소에서의 달의 변화를 관측하고 사진으로 촬영하여 보고서를 작성할 것을 제한하였으며, 계속되는 강의와 수업 카페에서 관측에 대한 정보를 제공할 것을 공지하였다.

두 번째 주제는 ‘영상물 시청’ 이다. 정보화 시대인 현대 사회에서 가장 효과적으로 정보를 접할 수 있는 방법 중 하나는 시각 자극과 소리 자극이 결합된 영상물일 것이다. 예비교사들은 각 가정에서 수신기를 통하여 방송을 시청하고 컴퓨터나 스마트폰을 이용하여 인터넷 혹은 다양한 저장매체로부터 다양한 종류의 영상물을 감상하는 것으로 여가 시간을 활용한다. 특히, 영화는 사실적 요소들에 상상력을 바탕으로 허구적 요소들이 덧붙여서 만들어지기에 시나리오 구성이 탄탄하고 영상의 완성도가 높은 작품들은 매우 인기가 높다. 그래서 한 학기 동안 지구과학과 관련된 내용을 소재로 하는 영화를 감상하고 그 영화와 공통되거나 유사한 소재를 다룬 다큐멘터리 영상을 찾아 감상하도록 하였다. 그리고 두 영상물의 공통점과 차이점을 바탕으로 보고서를 작성하도록 제한하

였으며, 1강의 후반부에서 지구계 교육(Earth Science Education)에서 영상물을 이용한 활동의 예시로 <그림 33>과 같은 자료를 이용해 지구계 교육을 소개하여 기말 과제의 가이드를 제시하였다.



<그림 33> 영상물을 이용한 ESE 활동의 예시

이 활동은 디스커버리 채널의 2004년 작 다큐멘터리 ‘지구 내부로의 여행 (Journey to the Center of the Earth)’과 존 아미엘 감독의 2003년 작 영화 ‘코어(The Core)’를 이용한 ESE 기반의 영상물 활용 수업 활동이다. 이 활동에서 탐구는 지식, 과학자들이 하는 일, 과학에서의 탐구 과정과 방법, 그리고 과학과 사회와 같이 총 4가지로 구성되어 다큐멘터리와 영화 속에서 각 해당 하는 내용을 찾거나 참고하여 탐구 질문을 해결하도록 되어있다. 예를 들어, <그림 35>처럼 ‘과학자들이 하는 일’에 관한 탐구에서는 다큐멘터리에 관해서는 ‘지구 화학자 [팀 엘리엇]가 하는 일은 무엇인가?’와 ‘다른 과학자들도 [팀 엘리엇]와 유사한 일을 한다고 생각하는가?’라는 탐구 질문을 하고 영화에 관해서는 ‘지구물리학자로서 [서지] 박사와 [짐 스키] 박사의 공통점과 차이점은 무엇인가?’라는 탐구 질문을 하였다. 그리고 각각의 탐구 질문을 다큐멘터리와 영화 속에서 비교해 보게 하였다. 이러한 현장 수업에서 사용하고 있거나 사용할 수 있는 활동의 소개는 과학 관련 문화 콘텐츠의 수업 활용이라는 측면과 예비교사들의 상황 흥미의 지속 요소의 역할을 수행 할 수 있기에 동기를 촉진하는 측면에서도 수강생들에게 정의적 측면에서 영향을 줄 수 있다. 이와 같은 활동들은 14주의 강의 동안 여러 차례 제시하게 된다.

세 번째 주제는 ‘현장 체험’이다. 과학 특히 지구과학은 지구와 지구를 구성하는 다양한 자연 요소를 학문적 대상으로 하고 있다. 하지만, 우리가 예비교사들과 지구과학을 교육하는 공간은 교실이라는 협소한 장소에 한정되어 있다. 실제 연구 참여자들은 교실이라는 공간 이외의 과학의 문화를 체험해본 적이 거의 없다고 한다. 물론 직접 퇴적 구조를 볼 수 있는 지층이 들어난 곳으로 현장 답사를 가는 것이 최고의 현장 체험이겠지만, 여러 가지 여건 상 교실 밖에서 직·간접적인 방법으로 현장 체험할 수 있는 방법은 과학관이며, 특히 지구과학에서는 자연사 박물관이 유용한 체험학습 현장이 될 것이다. 그래서 과학관을 방문하고 보고서를 제출하는 것을 과제로 선정하였다. 또한 과학관 중 과천 과학관에서 토요일을 이용하여 몇 차례에 걸쳐 교사가 동행하여 자연사관과 전통과학관을 중심으로 특강을 실시할 것을 예고하고 추후 일정은 수업 카페에 일정을 공개하기로 하였다.

만약 과제를 주제에 대한 보고서로만 부여하였다면, 문화적 환경 요소가 강한 주제들 속에서 초등과학교육과의 연계 점을 생각하지 못할 수도 있다. 그래서 모든 과제는 각자가 작성한 보고서의 내용이나 보고서를 작성하면서 경험하거나 느낀 점을 이용하여 주제와 관련된 초등학교 수업에서 사용할 수업 지도안을 활동지를 포함하여 작성하도록 하였다.

## 평가(Assessment)

평가는 그 형태와 배점에 따라 학점이 결정되기 때문에, 학점에 민감한 교육대학교 예비교사들에게는 성과 목표가 되어 정의적 영역 중 동기에 영향을 미칠 수 있다. 평가 결과의 상대적 순위로 비율대로 학점을 부여하는 해당 대학교의 학점 부여 특성상 평가는 성과 목표에도 큰 영향을 준다. 또한, 자신이 속한 강좌 내의 친구들과의 경쟁이 아니라, 교수가 강의하는 4개 강좌의 모든 예비교사들과의 경쟁이라는 점은 평가라는 환경 조건이 각 강좌의 수업 분위기에도 어느 정도 영향을 미친다고 볼 수 있다. 평가 결과의 산출은 100점을 만점으로 기말고사 70점과 과제 30점을 설정하였으며, 결석은 1회당 1점씩 감점하였다. 가장 점수의 비중이 큰 기말고사는 3~5 문항의 서술형 문항으로 출제되며 강의 15주차에 실시한다. 이와 같은 산출 기준과 과제 그리고 기말 고사를 모두



첫 번째 수업인 1강의 강의 소개에서 제시하였으며, 강의 계획서에도 포함되어 있다. 이러한 평가 요소를 첫 주에 구체적으로 제시하므로 예비교사들에게 동기 부여 등의 정의적 요소에 영향을 주게 되고 단답형이나 선택형이 아닌 서술형 평가 문항의 예고는 강의 중 수업의 집중이나 태도에 영향을 줄 수 있다. 이와 같이 평가에 대한 방법과 내용의 구체적 제시를 강의 초에 실시한 것은 맥락적 환경을 제공하여 예비교사들 개인에게는 정의적 측면이나 인지적 측면까지 영향을 받을 수 있게 하였다.

### 지원자(Volunteer)

연구 참여자들은 1강 수업의 마지막에 지원자 형태로 모집하였다. 자원자들은 매 강의 전이나 후에 정신모형 탐색과 인터뷰가 있었다. 지원자들은 각 주제의 내용 모형 수업 전에 자신의 초기 개념 모형을 탐색을 연구자와 수행하였는데, 이 탐색 과정을 통해 자원자들 자신의 초기 개념 모형의 내용의 부족과 불안정성을 인지하는 계기가 된다. 더불어 강의 중에 더 집중할 수 있는 원동력이 되기도 한다. 또한 모든 지원자는 스마트폰 등을 이용하여 강의를 녹음하여 각자의 학습에 활용하였다. 마찬가지로 강의 후에도 자신의 형성된 개념 모형을 탐색하는 과정에서 수업 전 탐색과 같은 과정을 다시 반복하게 된다. 이와 같은 1학기 동안의 지원자 활동은 수업 전후와 수업 중에 다른 예비교사들과 다른 역할 부여와 상황 속에서 맥락적 환경 요인으로 작용하게 된다.

### 나. 문화적 환경

예비교사들은 강의가 이루어지는 16주간 동안 수업 환경 이외에도 대학교에서의 학과, 동아리 등과 기타 개인별 사교 모임 등과 같은 사회의 구성원과 서로 상호작용하며 사회 속에서 다양한 영향을 받는다. 특히 다양한 방법으로 사회 구성원들과 문화를 공유하거나 개인별로 문화를 경험하며 심지어 문화를 형성해 나가기도 한다.

### 사회 이슈

2011년 3월 11일에 발생한 일본 대지진은 엄청난 쓰나미로 일본에 엄청난 피해를 주었다. 당시 이 사건은 과학과 관련된 사회의 핫 이슈였다. 이러한 사회

적 핫 이슈를 커리큘럼과 상관없이 별도의 시간을 할애하여 강의 중에 예비교사들과 함께 살펴보았다. <그림 34>와 같이 일본 대지진 발생 후 첫 수업 시간인 3월 16일에 미디어를 통하여 공개된 관련 자료를 선별하여, 지진 발생의 원인과 지진에서 쓰나미까지의 진행과 그 피해 상황을 살펴보았다. 이와 같은 사회적 핫 이슈는 수업과 관계없이도 예비교사들에게 영향을 미칠 것이며, 특히 수업에서 관련 최신 정보를 살펴보고 관련 과학내용을 차시 예고함으로서 흥미 유발에도 영향을 미치는 문화적 환경 요소이다.



<그림 34> 사회 핫 이슈

### 과학송(Science Song)

애니메이션 형태의 영상과 노래가 결합된 과학송은 수업 중의 훌륭한 수업 자료로 동기 중 상황흥미를 유발하는 사로잡기 요소에 해당하였다. 일반적으로 과학송을 교사들끼리만 공유하는 수업자료라면 문화적 환경 요소로 보기 어렵다. 하지만, 가수 사이의 ‘강남 스타일’이라는 뮤직 비디오가 웹을 기반으로 전 세계에 문화적 영향을 미치듯이, 수업 중에 사용하고 소개한 과학송은 모두 손쉽게 웹에서 무료로 다운받아 사용할 수 있다. 만약 과학송을 한두 번 정도 수업자료로 사용하였으면 역시 문화적 영향이 적을 수도 있다. 그런데 3강부터 15강까지 모든 지구과학 내용을 학습하는 수업 중에 매 강의 때 마다 한 두 개의 과학송을 자료로 사용하였다. 그 중 <그림 35>의 달송과 별송은 서울의 N중학교 학생들이 수업 중 활동으로 만든 과학송을 사용하였다. 달송과 별송도 웹에 공유되어 있어 누구든지 다운 받아 사용할 수 있다. 이와 같이 연구 참여자를 비롯한 수강 예비교사들이 기존에 경험해 보지 못한 과학송은 문화 콘텐츠로 강의 전반에 걸쳐 문화적인 환경적 요소를 제공한다.





<그림 36> 달 관측 보고서 예시

요즘 영화관이나 방송 매체 그리고 DVD의 저장 매체뿐만 아니라 인터넷 기반의 IPTV나 스마트 폰을 이용하여 언제든지 손쉽게 원하는 영화를 대중문화로 즐긴다. 하지만, 연구 참여자들에게는 과학 영화를 찾아서 보는 경우는 없었다. 그래도 간혹 우연치 않게 케이블 TV를 시청 중 채널 돌리기를 하다가 과학 영화를 보는 경우도 있다. 물론 영화 ‘코어’처럼 제목이나 영화의 개요에 과학 영화임을 들어내는 경우도 있지만, 많은 영화에서는 내용 전개 중에 과학과 관련된 요소는 상당히 많이 등장한다. 특히, SF나 재난 영화에서는 과학 내용을 주제로 하기도 하지만 부 소재 또는 도구로 다루기도 한다. 심지어 실사 영화보다도 더 상상력을 적용할 수 있는 애니메이션 영화의 경우에 더 많은 과학과 과학 기술 요소들이 등장한다. 이러한 점에서 지구의 오랜 시간을 다루거나 지구 안팎과 지구 표면 그리고 끝없는 우주까지 학문의 영역으로 하는 지구과학의 수업 중에 사용하기에 영화는 매우 유용한 문화적 도구이다. 다시 말하면, 영화라는 매력적인 문화 매체를 이용하면 지구과학이 다루는 영역에 쉽게 접근할 수 있다. 하지만, 영화를 이용한 과학 수업에서 유의할 점도 있음에 관심을 기울여야 한다. 일반적으로 영화는 허구를 바탕으로 하기 때문에 영화 속에 등장하는 내용들은 과학적 사실 보다는 허구를 이용하여 관객을 끌어들이는 것이다. 그래서 영화와 같은 영상물을 과학 수업에 사용할 때는 영화의 허구성을 보완할 또 다른 미디어 매체가 필요한데 본 연구에서는 다큐멘터리를 사용하였다. 과학 다큐멘터리는 상대적으로 허구를 배제하고 과학적 사실을 기반으로 만든 영상물이다. 따라서 영화는 예비교사들에게 ‘재미’와 ‘관심’과 같은 흥미유발의 사로잡기 요소의 역할을 수행한다면, 다큐멘터리는 구체적 사실이나 정보를 제공하여 영상물을 이용한 수업이나 학습을 좀 더 의미있게 만든다. 그러므로 예비교사들에게 한 학기 동안 지구과학과 관련된 내용을 소재로 하는 영화를 감상하고 그 영화와 공통되거나 유사한 소재를 다룬 다큐멘터리 영상을 찾아 감

상하도록 하고 두 영상물의 공통점과 차이점을 바탕으로 과학 수업에 활용할 수 있는 점에 초점을 두고 보고서를 작성하도록 과제를 부여하였다. 과제 수행을 위해 영화와 다큐멘터리를 시청하고 나면 정도의 차이는 있겠지만, 영상물로부터의 사회문화적 영향을 받게 될 것이다.

과학관은 교실 밖 환경에서 과학을 직간접적으로 효과적인 체험을 제공하여 준다. 특히, 비형식적인 교육에서 매우 주요한 과학 학습의 장으로 간주되어진다. 예비교사들은 대학 재학 중 과학관을 방문한 경험이 전혀 없었으며 연구 참여자들은 과거에도 과학관에 가 본 경험이 없었다. 따라서 과학관 방문은 새로운 문화의 장을 제공해 줄 것이며, 예비교사들은 과학관 전시물과의 상호작용을 통하여 문화적 영향을 받을 것이다. 과학관의 전시물들과 예비교사들의 상호작용을 극대화시키기 위하여 과천 과학관에서 <그림 37>과 같이 동행 설명을 하기 중 총 4회 실시하였다. 연구자는 전시물에 대한 전문 도슨트(docent)의 역할을 수행하였다. 동행 설명은 자연사관의 우주의 탄생부터 태양계와 지구 그리고 달의 생성 등 강의 중에 다루었거나 혹은 앞으로 수업 할 내용을 바탕으로 하였으며, 질문과 예비교사들의 대답을 이용하여 전시물 설명을 진행하였다. 전통과학관에서는 조상들의 천체 관측기구에서 양부일구까지 강의 커리큘럼과 관련된 내용을 중심으로 배운 지식을 관측기구에 적용해보거나 양부일구를 체험하면서 입체 모형을 이용하여 강의 중 학습 내용을 복습하기도 하였다. 과천 과학관 동행 방문에 연구 참여자들은 전원 참여하였으며, 전체 수강생의 90% 이상이 과학관 체험을 하였다.



<그림 37> 과학관 동행 설명

## 제 3 절 모형 기반 수업 전략의 실제

연구 참여자들의 초기 모형을 기반으로 적절한 모순 사건을 제공하여 불일치를 인지할 수 있게 하였다. 중간 모형들을 거쳐 학습 과정이 일어날 수 있도록 여러 단계의 중간 개념 설정을 하였다. 전체 내용 강의는 60분씩 2차시에 걸쳐서 진행하였다. ‘달의 위상’에 대한 이해와 ‘달의 위상변화와 달의 일주 운동’의 두 부분으로 나누어 구성하여 각각 1차시 수업을 진행하였다. 수업 전략의 표현은 시간의 흐름에 따라 구성하여 나타냈으며 R은 예비교사들에게 제시되는 각종 수업 자원(Resources)을 의미하여 TQ는 교사(교수)가 예비교사들에게 수업 중에 제시하는 질문(Teacher’s Question)을 의미한다. 시간의 순서에 따라 첫 번째 수업 자원은 R1, 상응하는 교사 질문은 TQ1 그리고 두 번째 수업 자원은 R2, 상응하는 교사 질문은 TQ2와 같이 코딩한다.

### 1. 1차시: 달의 위상 - 우리가 보는 달빛의 정체는 무엇인가요?

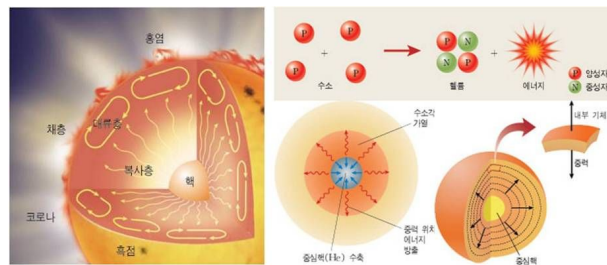
#### 가. Part 1: 달의 밝은 부분

우리가 관찰하는 달의 위상의 밝은 부분은 빛이다. 이 빛이 달을 광원으로 하여 직접 방출되는 빛인지 아니면, 태양빛을 반사하는 것인지를 연구 참여자들의 초기모형 탐색을 바탕으로 들어난 두 가지 설명 모형을 경쟁 모형(competition model)로 선정하여 인지적 수업 전략을 구성한다. 예비교사들이 이 두 모형이 서로 불일치함을 인지한 뒤, 경쟁을 통하여 제시된 수업 자원과 불일치 혹은 불만족스러운 모형은 소거함으로써 바람직한 설명 모형을 선택하여 자신의 설명 모형을 발전시킬 수 있도록 유도해야 한다.

수업의 도입 부분이면서 수업 목표를 제시하는 R1으로 달의 위상 변화 사진을 사용하였다. 달의 위상 사진을 위상 변화의 순서와 상관없이 사진 자료로 제시한다. 그리고 수업을 통하여 달의 위상 관찰을 이해하고 달의 위상 변화에 대해서 살펴볼 것을 예고한다. 이에 따르는 TQ1은 다시 3개의 질문으로 구성되어 제시된다. TQ1은 시각 정보의 자극원인 빛이 광원으로부터 직접 오는 개념

모형과 반사체로부터 반사되어 오는 개념 모형을 경쟁 모형으로 설정할 목적으로 구성된다. R1으로부터 질문을 유도하기 위하여 ‘우리 눈에 보이는 이 달빛의 정체는 무엇인가?’가 TQ1의 첫 번째 질문으로 달의 밝은 부분을 설명하는 모형을 형성하는 것이라는 것을 제시하는 것이다. 이어서 ‘우리가 물체를 보는 원리는 무엇인가?’ 와 ‘그 빛은 어디로부터 오는 것인가?’의 세부 질문을 예비교사들의 응답에 따라 연속적으로 제시하여, 예비교사들이 광원 모형과 반사 모형을 두 가지 경쟁 설명 모형의 시작점으로 설정할 수 있도록 유도한다.

R2는 광원인 친근한 소재인 태양을 사용한다. R2는 <그림 39>와 같은 ‘태양송’과 <그림 38>과 같은 태양의 구조와 수소 핵융합 사진으로 구성된다.



<그림 38> R2 사진자료

예비교사들은 ‘태양송’을 통하여 태양빛이 태양 중심에서의 수소 핵융합에 의한 것이라는 것과 같은 일반적인 특징들을 거부감 없이 흥미롭게 접하게 될 것이다.



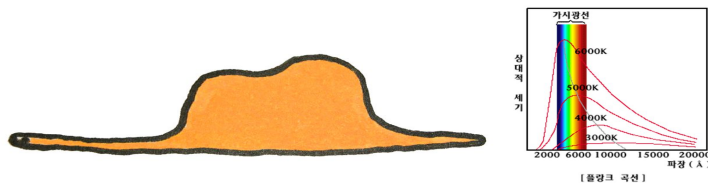
<그림 39> R2 과학송: 태양송

교사의 설명과 추가 사진 자료를 통하여 일반적인 자연 광원인 태양으로부터



방출되는 빛이 거대한 질량으로 인한 수소 핵융합에 의한 것이라는 선언적 지식을 제공받는다. 그리고 ‘태양 빛의 정체는 무엇인가?’ 라는 TQ2을 제시함으로 R2에 의해 광원 모형과 반사 모형 중 태양빛을 설명하기 위하여 광원 모형을 선택하게 되고 ‘태양 빛의 정체는 수소핵융합으로 생성된 태양 에너지가 태양의 표면 온도를 약 6천K 정도로 끌어올려서 우리 눈에 보이는 가시광선을 주로 방출하게 되는 것이다.’ 라는 설명모형을 지닐 수 있도록 유도한다.

R3로는 일반적인 흑체의 표면온도와 그 흑체에서 방출되는 최대 파장간의 관계를 나타내는 빈의 법칙과 태양계 행성의 표면온도를 자료로 사용한다. 덧붙여 우주에서 촬영된 지구의 사진을 이용하여 ‘우주에서 본 지구 모습의 정체는 무엇인가?’라는 TQ3를 제시한다. 예비교사들은 R3를 이용하여 이번에는 광원 모형이 아닌 태양빛을 반사하는 반사 모형을 선택하게 되고 ‘지구 표면온도로는 눈으로 볼 수 없는 적외선을 방출하므로 지구 사진은 태양계의 유일한 광원이 태양빛을 지구가 반사한 것이다.’라는 설명모형을 지닐 수 있도록 유도한다. 여기서 <그림 40>과 같이 파장과 에너지의 상대 크기를 설명하는 플랑크 곡선 그래프를 제공하기에 앞서 문학 작품 중 ‘어린 왕자’에 등장하는 코끼리를 삼킨 모아 뱀 그림을 제시하여 이를 상황 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로 사용한다. 소설 어린 왕자 중에 한 아이가 사람들에게 질문하였듯이 이 사진을 프로젝트틀을 이용하여 제시하면서 ‘이게 뭐죠?’ 라고 질문하면서 호기심을 유발한다. 이로써 예비교사들에게 어려운 물리법칙으로 보여 지는 빈의 법칙을 모아 뱀이 삼킨 동물의 크기에 따라 모아 뱀의 모습이 변하는 것으로 비유 설명한다.



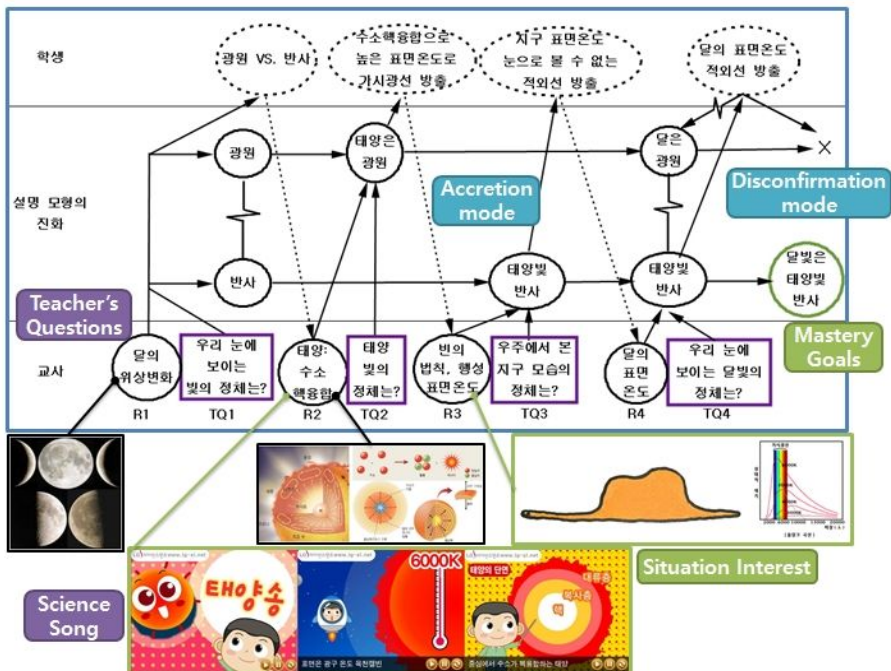
<그림 40> R3 사진자료: 어린 왕자의 보아뱀과 플랑크 곡선

마지막 단계에서는 달의 표면온도 정보를 R4로 제공하고 ‘우리 눈에 보이는 달빛의 정체는 무엇인가요?’라는 TQ4을 사용한다. 그러면, 예비교사들은 달빛



의 정체를 설명하는 불일치하는 두 경쟁 모형 중에서 달의 표면 온도를 고려했을 때, ‘달의 표면온도에서는 눈으로 볼 수 없는 적외선이 방출된다.’라는 이해를 바탕으로 설명 모형으로서 광원모형과의 불일치 현상에 의하여 광원모형은 무시되어 소거되게 된다. 반면, 지구 사진을 설명했던 것과 마찬가지로 ‘달빛은 태양빛을 반사한 것이다’라는 설명 모형으로 발전하게 됨으로 달의 밝은 부분은 태양빛을 반사한 부분으로 설명하는 중간모형에 도달하게 유도할 수 있다.

이러한 인지적 측면의 수업 전략은 우리 눈에 보이는 빛의 정체를 설명하는 두 가지 설명 모형을 경쟁시킴으로서 달의 밝은 부분을 설명할 수 있는 반사 모형으로 발전하게 하는 경쟁 전략을 사용한다. 세부적으로는 R1과 TQ1에서 R4와 TQ4까지의 첨가 모드를 사용하고 TQ4를 모순질문으로 광원 모형을 소거하는데 부당성 입증 모드를 사용하였다. 이와 같은 경쟁 모형을 이용한 달의 밝은 부분에 대한 설명 모형 구성을 중간 모형으로 하는 Part 1의 수업전략을 요약하여 보면 <그림 41>과 같다.

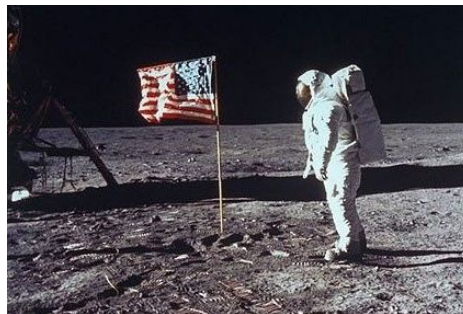


<그림 41> 모형 기반 수업 전략 Part 1: 달의 밝은 부분

## 나. Part 2: 달의 어두운 부분

Part 1에서 달의 밝은 부분이 태양빛을 반사한 것이라는 중간 모형에 도달한 뒤, Part 2에서는 ‘우리가 관찰하는 달의 위상의 어두운 부분은 무엇일까?’라는 의문에서 시작한다. 연구 참여자들의 초기 정신모형 탐색을 바탕으로 들어난 가장 흔한 오개념 모형은 그림자 모형이다. 예비교사들의 설명 모형에서 이 그림자 모형을 제거할 뿐만 아니라 그림자 모형을 이용하여 월식 현상을 설명하는 설명 모형으로 수정하기 위한 수업 전략을 구성한다.

R5로 아폴로 11호의 달 착륙과 탐사 시 촬영된 사진들을 보여주며, 사진에서 밝은 부분은 Part 1의 중간모형인 빛을 반사한 부분임을 확인하여 설명 모형에 피드백을 제공할 수 있다. 동시에 ‘사진 속의 달의 표면에서 어두운 부분은 무엇인가요?’라는 TQ5를 제시한다. 예비교사들이 R5의 사진 속에서 어두운 달의 대기에 집중하는 것이 아니라 착륙선의 엔진부의 그림자, 우주인 발의 그림자 그리고 성조기의 그림자 등의 현상을 바탕으로 ‘달의 표면에 어두운 부분은 사물의 그림자에 의한 것’이라 설명 모형을 지닐 수 있도록 유도한다. 여기서 제공된 R5의 아폴로 11호에서 촬영된 사진들은 수업 중 예비교사들을 수업에 집중할 수 있게 하는 상황흥미를 이끌어내는 사로잡기 요소로 사용하며, 동시에 아폴로 11호와 관련된 음모론에서 자주 언급되는 <그림 42>와 같은 사진을 제시하며 ‘정말 아폴로 11호는 달에 갔을까?’라는 질문을 추가로 한다. 이를 예비교사들과 함께 살펴봄으로서 흥미유발 요소로 이용한다.

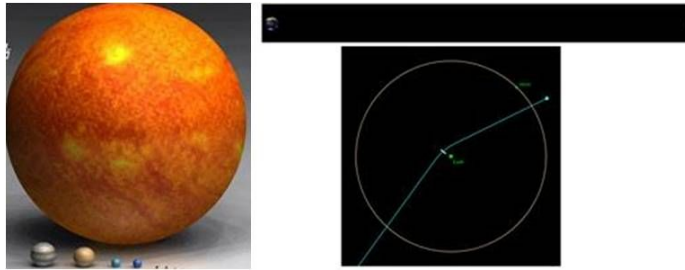


<그림 42> R5 사진자료

R6에서는 태양 빛에 의하여 달에 그림자를 드리울 수 있는 천체는 지구이기에 실제 지구가 달에 그림자를 드리울 수 있는지를 예비교사들과 살펴보고자 한다. 그림자 형성에서 중요한 변수는 그림자를 형성하는 사물의 크기와, 사물과 그림자가 영향을 주는 위치 사이의 거리이다. 여기서는 지구와 달의 상대적인 크기 그리고 지구와 달 사이의 거리가 이에 해당된다. 연구 참여자들의 초기 모형 탐색에서도 들어났듯이, 지구와 달 뿐만 아니라 태양까지의 스케일 모형이 제대로 형성되어 있지 않았다. 특히, 교과서와 같은 학교 수업에서 사용된 기능적 구체 모형의 영향으로 달은 실제 크기보다 크다고 생각하고 있고 지구와 달 사이의 거리도 실제보다 상당히 가깝게 생각하고 있었다. 지구와 달 그리고 태양까지 표현된 모형으로써 스케일 모형을 이용하여 R6을 구성한다. 그리고 TQ6로 ‘지구에 의하여 달에 그림자가 생기는가?’을 질문한다. 예비교사들은 R6에 의해 기존에 알고 있던 달, 지구 그리고 태양에 관한 스케일 모형과 불일치함을 깨닫게 될 것이다. 하지만, 이 스케일 모형은 알고 있었던 것 보다 달은 상대적으로 작고 지구와 달의 거리가 멀다는 것을 이해하고자 하는 것 이외의 의미는 없다고 볼 수 있다. 비록 자신들이 지니고 있던 스케일 모형과는 다르지만 여전히 지구의 그림자가 달에 드리워질 수 있기 때문이다. 그래서 예비교사들은 ‘알고 있던 것보다 달은 작고 지구와 달 사이거리는 멀지만, 지구의 그림자가 달에 영향을 주어 그림자가 달의 표면에 드리워진다.’라는 설명 모형을 지니게 될 것이다.

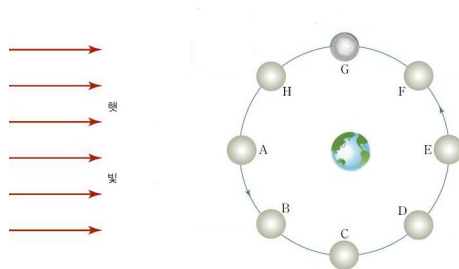
R6의 세부적 구성은 태양계 스케일 모형 사진(2D, <그림 43>의 좌)과 사물(농구공, 소프트볼, 테니스공, 탁구공, 쇠구슬, 색깔 점토)을 이용한 스케일 모형(3D) 그리고 지구와 달의 스케일 모형 사진(2D, <그림 43>의 우)로 구성하여 제공한다. 이러한 R6의 요소들은 모두 예비교사들을 수업 내용에 이끌어 드리는 상황 흥미의 사로잡기 요소에 해당하는 것이다. 초기 모형 조사에서 모든 연구 참여자들이 태양, 지구 그리고 달의 실제 크기의 비율차보다 훨씬 작은 비율 차이를 인지하고 있었기 때문에 이러한 실제 비율을 적용한 스케일 모형의 제시를 예비교사들의 흥미를 끌어 수업에 집중하게 만들 것이다. 특히, <그림 44>와 같이 태양과 지구를 비롯한 태양계 행성들의 스케일 모형을 평면(2D)으로 먼저 제시한다. 이어서 다양한 크기의 공을 제시하면서 농구공을 태양이라

고 가정했을 때, 지구에 해당하는 공을 선택해 보는 활동을 실시한다. 실제 수업 중 예비교사들은 대부분 목성에 해당 쇠구슬이나 탁구공 정도를 선택하였다. 색깔점토를 이용하여 실제 비율의 지구와 달을 교사의 손바닥에 올려놓고 보여주었을 때, 예비교사들은 탄성을 자아내었다.



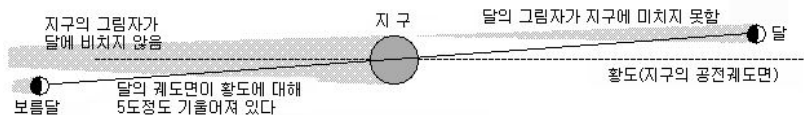
<그림 43> R6 사진자료

R7에서는 <그림 44>와 같이 기능적 구체 모형을 사용한다. 이 기능적 구체 모형에서 대표적인 달의 공전 궤도상의 위치가 8 종류가 등장한다. 예비교사들의 그림자 모형에 의하여 보름을 설명하지 못하게 되는 위치가 바로 E(망)이다. 따라서 앞선 R6에서 다양한 스케일 모형을 통해 인지한 스케일 비율을 무시하더라도 달의 위상을 설명하기에 편리하기 때문에 기능적 구체 모형을 사용한다는 안내와 함께 ‘E 위치(망)에서의 달의 모습(위상)은 어떻게 되나요?’라는 TQ7을 제시한다. 예비교사들은 E 위치에서 달의 위상은 보름이라는 개념과 현재 사용되어 오고 있는 망에서는 지구의 그림자에 달이 가려진다는 설명 모형 사이에 불일치와 불만족의 인지갈등 상황에 직면하게 될 것이다.



<그림 44> R7 사진자료: 기능적 구체 모형

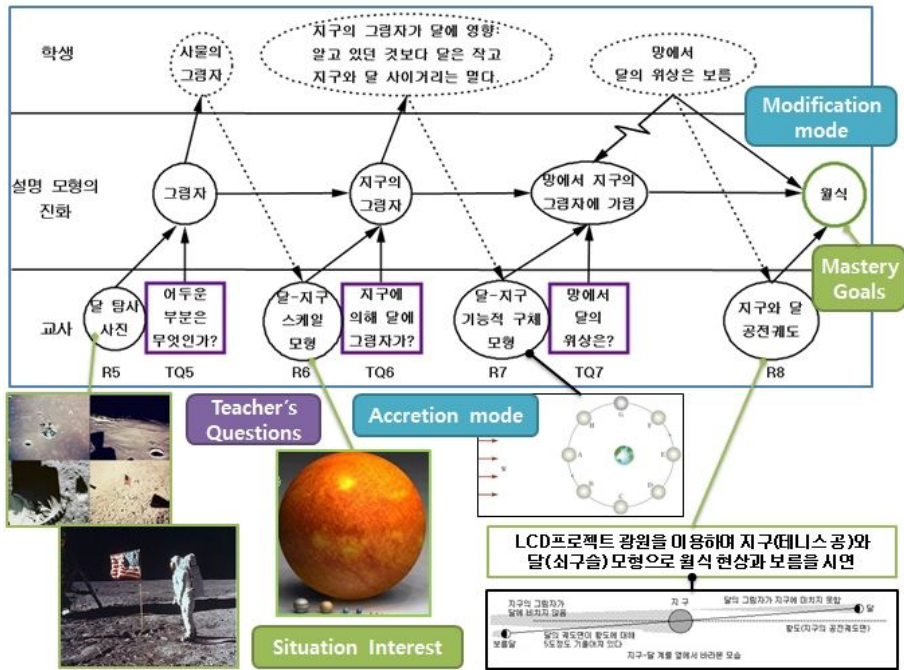
교사가 추가로 지구의 공전궤도면과 달의 공전궤도면이 약 5도 정도 기울어져 있다는 정보인 R8을 제공해주면, 예비교사들의 그림자 설명 모형은 소거되는 것이 아니라 월식 현상을 설명하는 모형으로 수정되게 된다. R8은 <그림 45>와 같은 사진 자료와 함께 앞선 R6에서 사용하였던 입체 스케일 모형의 테니스공(지구)과 쇠구슬(달)을 선정하여 수업에서 사용하고 있는 LCD 프로젝터로 입체상에서 광원-테니스공-쇠구슬을 일직선상에 위치하여 테니스공의 그림자에 쇠구슬이 가리는 경우와 광원-테니스공-쇠구슬이 일직선상에 있기는 하나 테니스공보다 쇠구슬이 가로평면에서 약 5도 정도 위쪽에 위치할 때 쇠구슬이 온전히 구형으로 빛을 반사하는 경우로 나누어 시연을 보이는 활동으로 구성하였다. 이 역시 단순하게 그림 자료의 제시가 아닌 실제 광원과 사물을 이용한 시연으로 예비교사들을 수업 내용에 이끌어 드리는 상황 흥미의 사로잡기 요소에 해당하는 것이다.



<그림 45> R8 사진자료: 지구와 달의 공전 궤도면

Part 2에서 사용한 인지갈등 유발의 핵심은 바로 그림자 모형으로는 망의 위치에서 보름을 설명할 수 없다는 모순 사실이다. 이 모순 사실을 해소하기 위하여 예비교사들의 그림자 모형은 수정되거나 버려져야 함이 분명하다. 일반적인 달의 위상의 어두운 부분을 설명하기 위해서는 그림자 모형은 버려져야 한다. 하지만, 여전히 달에는 지구의 그림자가 형성될 수 있기 때문에 불일치하면서도 불만족한 상황이 지속되어지므로 그림자 모형이 여전히 정신 모형 속에 남아 있을 수도 있다. 여기서 교사가 제시한 지구와 달의 공전 궤도가 약 5도 기울어져 있음을 표현된 모형을 이용하여 제시하여 주면 ‘망의 위치에서 지구의 그림자에 달이 들어가는 경우가 제한적임’을 예비교사들이 깨달아 수정 모드를 거쳐 그림자 모형을 이용해서 월식을 설명하는 중간 모형에 도달하게 유도할 수 있다. 다시 말해서, 월식의 경우를 제외하고는 일반적인 달의 위상 변화를 설명하기에는 그림자 모형이 버려질 수밖에 없다. 이와 같은 달의 위상 중 어두

은 부분에 대한 광학적 모형을 중간모형으로 구성하기 위한 1차시 수업의 Part 2의 모형 기반 수업전략을 요약하여 보면 <그림 46>과 같다.



<그림 46> 모형 기반 수업 전략 Part 2: 달의 어두운 부분

#### 다. Part 3: 달의 위상

Part 1과 Part 2의 수업 전략을 거치면서, 예비교사들은 달의 위상의 밝은 부분은 태양 빛을 반사한 부분이며 어두운 부분은 월식을 제외한 경우는 지구의 그림자가 아님을 알 수 있게 된다. Part 3에서는 1차시 수업의 최종 학습 목표인 달의 위상에 대한 이해를 목표 모형을 형성하기 위한 수업전략이다.

R9로 '사각지대'와 '여배우의 반전 뒤태'에 관한 사진 자료를 제공한다. '사각지대'는 우리가 생활 속에서 자동차의 사이드 미러를 통하여 차선을 변경할 때 종종 직접 체험하게 되는 현상이기에 예비교사들이 수업 내용에 공감하기 수월

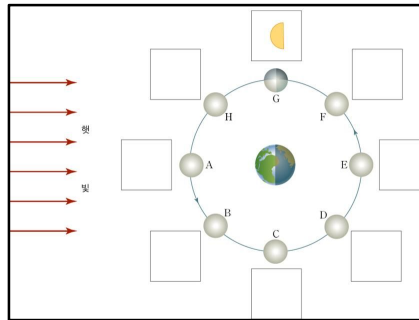
할 것이다. 여기서는 자동차 주변의 모든 사물이 빛을 받아 반사를 하기는 하지만, 운전자가 볼 수 있는 부분은 자동차의 사이드 미러를 통하여 반사된 부분만 볼 수 있다는 사실이다. 또한 미디어 매체를 통하여 영화제 시상식 때마다 여배우들의 반전 뒤태가 화제 거리이다. 이러한 ‘여배우의 반전 뒤태’ 자료를 제공하여 우리가 시각을 통하여 인지할 수 있는 부분이 사물의 앞부분임을 이해할 수 있게 한다. 이와 같이 R9로부터 예비교사들은 ‘사각지대는 운전자에게로 빛이 반사되지 못한 부분이며 뒤태는 정면에서 볼 수 없다’라는 이해를 하여 ‘달의 위상은 태양빛을 반사한 부분 중 우리가 볼 수 있는 앞부분-지구를 기준으로’이라는 설명적 모형을 형성하게 된다. <그림 47>과 같이 자동차의 사각지대와 같은 생활 속의 소재나 여배우의 반전 뒤태와 같은 미디어 매체의 화제 거리를 사용한 R9은 수업 중 상황 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로도 작용한다.



<그림 47> R9 사진자료: 사각지대와 반전 뒤태

R10은 ‘위상 작도’ 활동으로 <그림 48>과 같이 예비교사들이 지니게 된 설명 모형을 평면상에 작도를 해보면서 개개인의 설명 모형을 표현된 모형(작도)을 표상하는 것이다. 그리고 TQ10으로 ‘각 위치에서의 달의 위상은 무엇입니까?’을 질문하여 작도 활동을 수행하도록 하였다. 이러한 활동은 개개인의 설명 모형이 바르게 형성되었는지를 확인해 볼 수 있다. 자료는 프로젝트를 이용하여 교실 전면부에 제시될 것이고, 예비교사들은 각자가 사전에 출력해온 인쇄물을 이용할 것이다. 이 활동을 통하여 E위치(망의 위치)에서 보름이 등장하면 예비교사들의 그림자 모형이 효과적으로 제거되었음을 확인할 수 있다. 또한 각 대표적인 달의 공전 궤도상의 위치에서의 달의 위상의 작도는 피드백을 제공하여

달의 위상을 설명하는 설명 모형을 견고하게 형성하게 할 것이다. 그래서 R10을 통하여 예비교사들은 기능적 구체 모형을 이용하여 달의 위상을 설명 혹은 표현할 수 있게 될 것이다.



<그림 48> R10 활동: 달의 위상 작도

R11은 ‘노란색 반구를 이용한 달의 위상 체험’ 활동으로 R10의 달의 위상 작도와는 달리 평면이 아니라 공간상에서 실제 사물 모형을 이용하여 위상을 설명하고 이해하는 것으로 <그림 49>와 같이 수행한다. 이 활동에서는 교사가 먼저 교실 공간에서의 상황 설정을 설명해준다. 교실에 가운데에 지구가 있으며, 교실에 뒷면 쪽으로 아주 멀리 태양이 있다고 가정을 하며 노란색 반구는 달을 의미한다. 반구의 뒷부분은 보이지 않는 부분이며, 노란색 앞부분은 태양 빛을 반사하는 부분이다. 주의할 점은 태양을 교실 뒤쪽으로 고정해두었기 때문에 반구의 노란색 면은 항상 교실 뒤쪽을 향해야 한다. 먼저, 교사가 달의 역할을 보여준다. 예비교사 중 한 명은 실제로 교실 가운데 위치하고 나머지 예비교사들은 자신이 교실에 가운데에 있다는 가정 하에서 노란색 반구가 어떠한 형태로 관찰이 되는지를 관찰 및 사고실험을 한다. 교실 전면 부를 0시 방향이라 할 때, 교실 전변 부, 즉 0시에 위치할 때에는 둥그란 형태의 달의 위상이 모두 보일 것이고 9시 방향에서는 하현의 형태로, 6시 방향에서는 보이지 않고 3시 방향에서는 상현으로 보일 것이다. 이러한 활동을 예비교사 한 명이 달의 역할을 하게 하여 반복하여 수행한다. 예비교사들은 마찬가지로 관찰 및 사고 실험을 하는데, 굳이 교실 중심에 위치하지 않은 예비교사들도 자신들이 있는 위치를 중심으로 생각하고 방향을 설정하여 관찰하면 각 위상을 확인해 볼 수 있

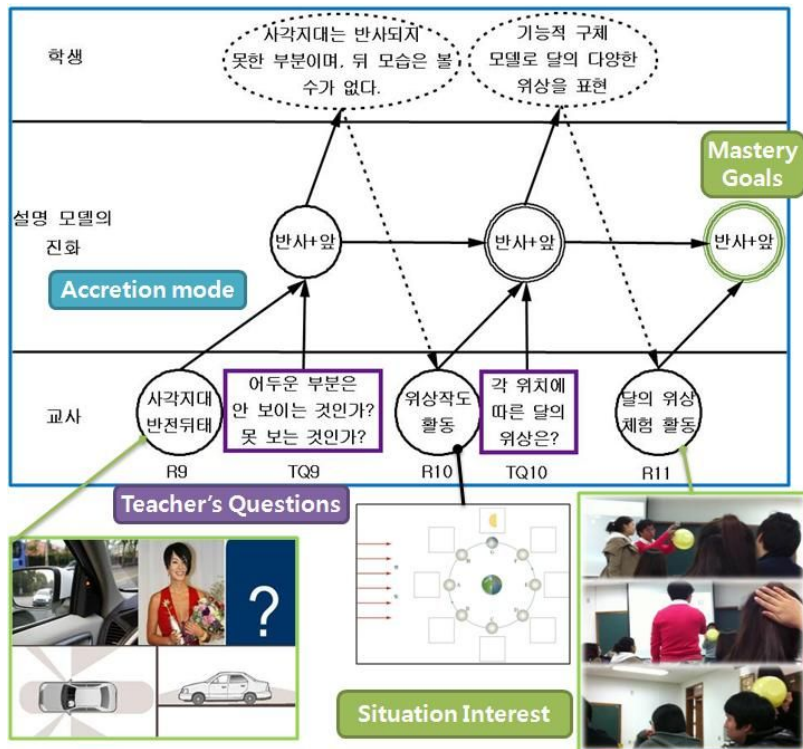


다. 이처럼 사물 모형을 이용하여 달의 위상에 관한 설명 모형을 확인해볼 수 있다. 그리고 예비교사들에게 다음 시간까지 이 활동을 친구끼리 혹은 의자 등의 소품을 활용하여 해보기를 권장한다. 이와 같은 R11은 주변에서 쉽게 구할 수 있는 사물을 이용하여 수업 중에 실제 관측하기 쉽지 않은 달의 위상 변화를 공간상에서 표현한 활동으로 예비교사들의 수업 중 상황 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로도 작용했다고 볼 수 있다.



**<그림 49> R11 활동:  
노란색 반구(바가지)를 이용한 달의 위상**

이러한 Part 3의 수업 전략은 외형상 R9과 TQ9에서 R11을 거치면서 설명 모형을 추가하는 첨가 모드를 사용하였는데, 설명 모형의 선언적 지식의 첨가가 아니라 예비교사들이 지니고 있는 설명 모형을 평면상에 그림으로 표상하고 나아가 공간상에서 사물 모형을 이용하여 표현하고 이해할 수 있는 표상의 측면에서의 첨가라고 볼 수 있다. 이는 다른 표현으로 설명모형이 단계를 거치면서 점차 견고해지는 경향을 가지기에 확인 전략이라 할 수 있다. 이처럼 확인 전략을 이용하여 공간적으로도 달의 위상을 표현하고 이해할 수 있는 설명모형을 중간 모형으로 하는 Part 3의 수업전략을 요약하여 보면 <그림 50>과 같다.



<그림 50> 모형 기반 수업 전략 Part 3: 달의 위상

## 2. 2차시: 달의 위상 변화와 달의 일주 운동 - 각각의 달의 위상은 언제 어느 쪽에서 볼 수 있나요?

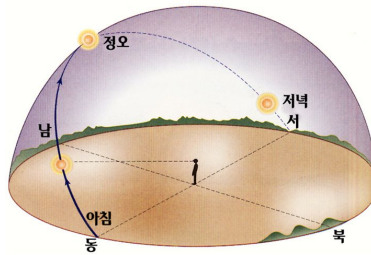
### 가. Part 4: 달의 일주 운동 - 지구의 자전

이번 차시에서는 하루 동안의 달의 이동을 설명하는 모형을 형성하고자한다. 연구 참여자들의 초기 모형 조사에서 가장 흔하게 등장한 오개념은 ‘달의 일주 운동은 원인이 달이 지구 주위를 한 바퀴 도는 것으로 생각하는 것으로, 마치 천동설과 유사한 개념 모형을 지니고 있다는 것인데, 천동설과의 차이점은 태

양이 동에서 떠서 서로 지는 반면, 달은 서에서 떠서 동으로 진다는 것으로 관찰에 의한 것이 아니라 매우 직관적인 사고들을 지니고 있었다. 그래서 이번 차시의 수업 전략은 앞선 차시와 달리 바로 오개념에서 모형 진화를 시작하지는 않는다.

R12로 <그림 48>과 같이 지난 차시의 R10에서 제시한 ‘위상 작도 활동’과 동일한 기능적 구체 모형을 제시한다. R12는 두 가지의 역할을 수행할 것인데, 첫 번째는 지난 차시의 복습과 진단 평가의 역할이고 두 번째는 TQ12를 자연스럽게 유도하기 위한 이번 차시의 출발점의 역할이다. R10에서는 다양한 달의 위치에서의 달의 위상에 기능적 구체모형의 초점을 맞추었다면, R12의 두 번째 역할은 <그림 48>의 지구에 표현되어 있는 음영에 관심을 둔다. 즉, R10에서는 달의 어떤 모습을 볼 수 있는지를 살펴보는 것이라면 R12에서는 달을 언제 볼 수 있는지 관찰 가능한 시간을 살펴보는 것이다. 따라서 TQ12로 ‘달은 언제 볼 수 있나요?’을 제시하여 본격적인 2차시 수업의 출발선에 서게 되는 것이다. 예비교사들은 R12를 이용하여 달은 해가 뜨지 않는 밤에 볼 수 있으며, <그림 48>에서는 지구의 어두운 부분인 태양의 반대 방향의 위치했을 때 달을 관찰할 수 있다는 설명 모형을 가지게 될 것이다.

R13로는 직관적으로도 모든 예비교사들이 알고 있고 경험상으로도 이해하고 있는 태양의 일주 운동을 사용한다. <그림 51>를 제시하고 교실 공간을 이용하여 태양 일주운동을 재현하는 제스처를 사용한다. 교실의 후면 부를 북쪽으로 그리고 칠판과 스크린이 있는 전면 부를 남쪽으로 설정하여 예비교사들과 함께 레이저 포인터를 이용하여 동쪽(교실 전면 부를 중심으로 좌측면)에서 해가 떠서 스크린과 칠판 위쪽에서 남중하고 서쪽으로 해가 지는 모습을 제스처로 보여주며 TQ13로 ‘낮과 밤은 왜 생기는가?’을 사용한다. 예비교사들은 R13을 통하여 비록 태양을 관찰하면 동에서 서로 일주 운동을 하지만, 이것은 실제적으로 태양이 천구 상에서 이동한 것이 아니라, 지구의 자전에 의한 상대적인 운동임을 이해하게 된다. 그래서 TQ13에 대하여 예비교사들은 ‘낮과 밤은 지구의 자전으로 인한 태양이 동에서 서로 일주 운동하면서 발생한다.’라는 지구의 자전으로 설명하는 모형을 지니게 될 것이다.



<그림 51> R13 사진자료

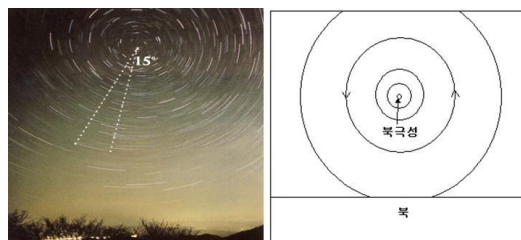
R14로는 태양 외에도 다른 별들의 일주운동을 살펴볼 것이다. R14는 ‘북극성 주변의 일주운동’, ‘위도에 따른 별의 일주 운동’ 그리고 ‘지구의 자전과 별의 일주 운동’으로 구성한다. 여기서 R13과 마찬가지로 공통적으로 등장하는 주요한 개념이 천구인데, 공간상의 가상의 설정인 천구는 예비교사들이 가장 어려워하는 개념 중 하나이기 때문에 <그림 52>와 같이 LG사이언스랜드 출처의 ‘자전 공전송’을 수업 중 상황 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로 사용한다.



<그림 52> R14 과학송: 자전공전송

‘자전공전송’으로 시작한 R14는 태양 일주운동을 별로도 확장하여 적용하기 위한 것으로 대부분 예비교사들이 실제 관측하지 못하는 내용이기 때문에 <그림 53>과 함께 R13과 마찬가지로 제스처를 사용한다. 교실 후면부의 특정 위치 (예: 고정식 선풍기)를 지구의 자전축의 연장선 상 즉, 북극성으로 설정하고 R13의 태양 일주 운동을 제스처로 재현한 뒤, 태양보다 천구 상 북극성에 가까운 별부터 태양까지 팔과 손 그리고 손끝의 레이저 포인터까지 반시계 방향으로 나선형으로 회전하는 제스처를 취한다. 이는 <그림 53>의 좌측의 별의 일주운동의 실제 관측 사진을 우측의 간단한 평면 그림으로 도식화하는 단계에서

끝나는 것이 아니라 교실 공간상에서 별의 일주운동을 제스처로 표현해보고 별의 일주운동이 결국 R13의 태양 일주운동과 일치하는 것임을 인지할 수 있도록 도와준다. 덧붙여 R11의 활동에서 사용하였던 노란색 반구의 안쪽 면에 북극성을 점으로 표현한 뒤 펜을 이용하여 R14의 제스처를 동일하게 수행하면 반구 안쪽 면의 북쪽 하늘에는 <그림 53>과 동일한 그림이 나타나는 것을 모형화할 수 있다. 이때 노란색 반구의 안쪽 면은 천구의 사물모형이다. 이와 같이 R14의 제스처와 반구 안쪽에 도식화 한 것을 함께 사용하면 북쪽, 동쪽, 남쪽 그리고 서쪽 하늘에서의 일주 운동을 간접 관찰할 수 있게 된다. 더 나아가 관찰자의 위치가 우리가 위치하는 중위도외에도 북극(위도 90도)와 적도(위도 0도)에서의 별의 일주 운동도 이해할 수 있게 된다. 그리고 이 모든 현상을 지구 자전을 이용하여 설명할 수 있게 된다. 따라서 TQ14로 제시되는 ‘지구 자전에 의한 현상은 무엇인가요?’ 라는 질문에 예비교사들은 ‘지구의 자전으로 태양을 비롯한 모든 별들이 동에서 서로 일주운동 한다.’는 별의 일주 운동을 지구 자전에 의한 상대적 운동으로 설명하는 모형을 지니게 될 것이다.



<그림 53> R14 사진자료: 별의 일주 운동

R14에서는 과학송뿐만 아니라 노란색 반구(바가지)처럼 주변에서 쉽게 구할 수 있는 사물과 신체를 이용하여 수업 중에 실제 관측하기 쉽지 않은 별의 일주 운동과 천구를 공간상에서 표현하는 것은 예비교사들의 수업 중 상황 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로도 작용한다고 볼 수 있다.

R15은 R11의 ‘노란색 반구를 이용한 달의 위상 체험’ 활동의 연장선상에 있는 활동으로 R11처럼 사물 모형과 제스처로 구성된 달의 일주 운동을 이해하기 위한 간접 체험으로 <그림 54>와 같이 수행한다.



**<그림 54> R15 활동:  
제스처를 이용한 달의 일주 운동 체험**

이 활동에서는 교사가 교실 공간에서의 상황 설정을 설명해준다. 활동을 수행하는 본인이 지구이며 스스로 한 바퀴 제자리에서 도는 것이 지구 자전에 해당한다. 교실 전면 부를 0시 방향이라 할 때, 교실 후면 부, 즉 6시 방향 위치에 태양이 존재한다고 가정한다. 다음으로 지구의 시간을 설정하는데, 태양을 등지고 서 있을 때, 즉 0시 방향을 향했을 때가 자정이고 9시 방향으로 좌향좌 했을 때가 해뜰참(오전 6시)이며 6시 방향으로 향했을 때가 정오(오전 12시)이고 마지막으로 3시 방향을 향했을 때가 해질녘(오후 6시, 18시)가 된다. 여기에 <그림 54>처럼 양손을 좌우로 뻗으면 왼손에서 가슴을 거쳐 오른손까지가 관측자가 서 있는 지평선에 해당한다. 해뜰참 위치에서 손을 뻗어 지평선을 표시하면 왼손이 태양 방향인 교실 후면 부를 가리키게 된다. 해가 뜨는 방향이 동쪽임을 모든 예비교사들이 알고 있기 때문에 자연스럽게 왼손이 가리키는 방향을 동쪽으로 인식시킨다. 그러면 정반대방향인 오른손은 서쪽이 된다. 다시 해질녘 위치에서 해가 지는 방향은 어디인지를 질문하면서 태양(교실 후면 부)을 가리키는 손이 어디인지를 물으면 오른손이 서쪽임을 인식시킬 수 있다. 마지막으로 활동을 수행하는 사람의 정면이 자동적으로 남쪽이며, 이 사람이 정면으로 바라보고 있는 것이 바로 남쪽 하늘이 되는 것이다. 마찬가지로 왼손 쪽을 바라보면 동쪽 하늘이고 오른손 쪽을 바라보면 서쪽 하늘을 관찰하는 것이다.

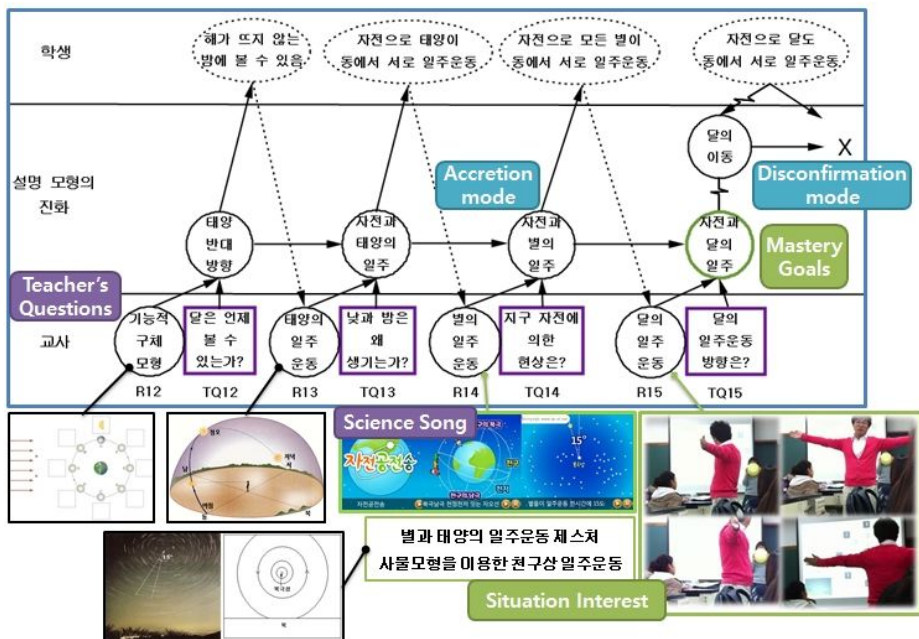
상황 설정에 대한 이해가 끝난 후에는 가장 오랫동안 달을 관찰 할 수 있는

위상인 보름의 경우를 R10에서와 동일한 방법으로 노란색 반구를 이용하여 <그림 54>처럼 활동을 진행한다. 그러면 해뜰참에는 서쪽하늘(오른손)에서 보이고, 정오에는 등 뒤에 있어 볼 수 없고, 해질녘에는 동쪽하늘(왼손)에서 보이고, 자정에는 남쪽하늘(정면)에 보름달이 위치하게 된다. 이를 연속적으로 제자리에서 한 바퀴 돌면서 관찰하면 보름달의 일주 운동은 태양이나 다른 별과 마찬가지로 동에서 서로 일주 운동하게 된다. 여기서 한 바퀴 도는 것이 지구의 자전이기에 결국 ‘달의 일주 운동 방향은 어떻게 되나요?’라는 TQ15에 대하여 R15를 통하여 예비교사들은 ‘지구의 자전에 의하여 달도 태양과 별들처럼 동에서 서로 일주운동을 한다.’라는 내용을 인지하게 된다. 여기서 TQ15는 달의 일주 운동을 ‘태양이 진 뒤 태양과 반대로 서쪽에서 동쪽으로 이동 한다’ 혹은 기능적 구체 모형으로 표현한 달의 궤도상에서 공전시켜 달의 일주 운동을 설명하던 예비교사들의 개념 설명 모형과 R15를 통해 인지한 모형과 서로 모순 사실을 깨닫게 하는 모순 질문이다.

이러한 Part 4의 수업 전략은 R12와 TQ12에서 R15을 거치면서 태양의 일주 운동으로부터 모든 천체의 일주 운동은 지구 자전에 의한 것임을 첨가모드를 이용하여 차츰 깨닫게 한다. ‘달의 일주 운동은 어떻게 되나요?’라는 질문은 예비교사들에게 모형을 평가하게 만드는 모순 질문의 역할을 하게 된다. 물론 Part 4를 이 질문으로부터 시작한다면 달의 공전에 의해 일주 운동이 생긴다고 생각하는 예비교사들에게 모순 질문이 되지 않는다. 하지만, 태양을 비롯한 밤에 관측 가능한 천체들의 일주 운동이 지구 자전에 의한 것임을 첨가 모드를 거쳐 정신 모형으로 형성되어가게 한다면, TQ15는 기존에 달의 공전으로 설명하려던 예비교사들에게는 모순 질문이 되는 것이다. ‘달의 일주 운동은 어떻게 되나요?’라는 질문에 의하여 예비교사들은 달의 공전에 의한 현상이라는 설명 모형과 지구 자전에 의한 현상이라는 설명 모형이 서로 불일치 혹은 불만족 상황이 된다. 여기서 바로 불일치로 인지하여 달의 공전 모형을 소거해 버리는 부당성 입증 모드로 진입하는 예비교사들도 있을 것이며, 반면 지구 자전에 의한 일주 운동과 달의 공전에 의한 일주 운동이 서로 어색하기는 하지만 정신모형 속에서 공존하면서 갈등상태로 남을 수도 있다. 그래서 추가로 ‘달의 일주 운동 방향은?’이라는 질문을 ‘달의 공전 주기가 약 28일정도’라는 정보와 함께 제시



하면 달의 공전으로 설명하는 모형은 달이 하루 동안 서쪽에서 동쪽하늘로 이동한다는 설명 모형과 함께 소거되게 될 것이다. 이로써 달의 일주 운동은 지구 자전에 의한 일주 운동에 대한 바른 개념 모형으로 진화하게 된다. 따라서 수업 전략으로 설명 모형을 추가하는 첨가 모드를 사용하고 TQ15에 의해 ‘지구 자전에 의한 달의 일주’와 ‘달의 이동’의 두 가지 모형을 경쟁시켜 ‘달의 이동’이 지구 자전으로 달도 동에서 서로 일주 운동하는 것과 불일치하여 소거하는 부당성 입증 모드를 사용하였다. 여기서 첨가 모드는 지구 자전으로 설명하는 개념 모형에 확신을 점점 더해주어 달이 직접 이동한다는 직관적인 오개념과의 경쟁에서 예비교사들이 수월하게 지구 자전을 이용하여 달의 일주 운동을 설명하는 중간 모형에 도달할 수 있게 한다. 따라서 Part 4에서는 최종적으로 두 모형을 경쟁시키는 경쟁 전략을 사용하긴 했지만, 경쟁에서 목표 모형이 우선할 수 있게 적절하게 첨가 모드를 활용한 것이다. 이러한 전략을 이용하여 달의 일주 운동을 지구의 자전으로 이해할 수 있는 설명모형을 중간 모형으로 하는 Part 4의 수업전략을 요약하여 보면 <그림 55>와 같다.

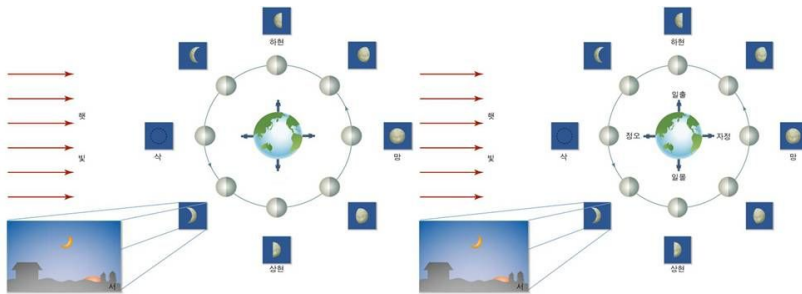


<그림 55> 모형 기반 수업 전략 Part 4: 달의 일주 운동(지구 자전)



## 나. Part 5: 달의 위상변화와 일주 운동

Part 4에서 달의 일주운동이 태양이나 다른 별들과 동일하게 지구 자전에 의한 현상으로 설명할 수 있는 모형을 지니게 하였다면, Part 5에서는 태양과 달리 지구 주위를 공전하는 달에 의하여 달이 위상에 따라 뜨고 지는 시간이 다름을 이해하고 각각의 위상에 따라 달이 뜨고 지는 시간을 설명하는 모형을 최종적으로 형성하고자한다. 연구 참여자들의 초기 모형 조사에서 가장 흔하게 등장한 오개념은 ‘같은 날 다른 나라에서 달의 위상이 다르게 관찰 된다’라고 생각하는 것이어서 탐색 결과를 Part 5의 출발점으로 삼는다.



<그림 56> R16, R17 사진자료: 관측자 위치 변화(좌), 관측 시간 변화(우)

R16으로 <그림 56>의 좌측 그림을 제시한다. R10과 R12에서 사용한 기능적 구체 모형과의 차이점은 지구 표면상의 관측자를 표현한 것이다. 서로 경도가 90도씩 차이나는 다른 지역의 관측자로 설정을 한다. 연구 참여자들의 초기 모형에서 오개념은 같은 날에 서로 다른 위치의 관측자들에게 서로 다른 위상이 관측된다는 것이다. 여기에 공간적 이해를 돕기 위해 R15에서 제공했던 제스처를 이용한다. 예를 들어 같은 날의 조건이므로 한 예비교사가 노란 반구로 표현되는 달 모형을 들고 교실의 전면 부인 0시 방향에 위치한다. 다른 예비교사가 지구상의 관측자의 역할로 두 손을 펼치고 교실 중심부와 같은 위치에서 0시 방향에 위치한다. 이 위치에서 한 바퀴 돌면서 달의 위상을 관찰한다. 동일하게 9시, 6시, 그리고 3시 방향에서 시작하여 한 바퀴씩 돌면서 위상을 관찰하면 시작한 위치에 상관없이 위상이 같다는 것을 경험할 수 있다. 따라서 ‘같은 날 서

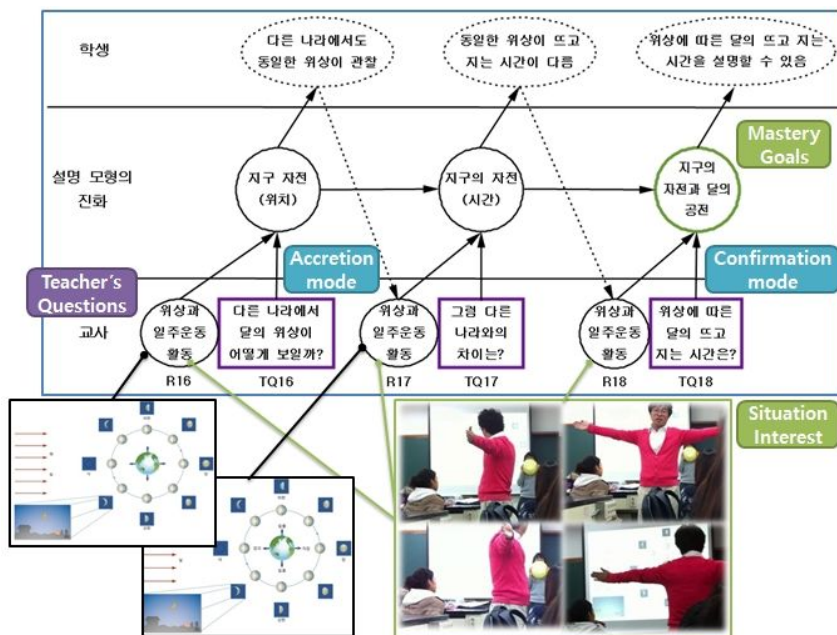
로 경도가 다른 나라에서 달의 위상이 어떻게 보일까?’ 라는 TQ16에 R16을 이용하여 ‘같은 날 서로 경도가 다른 나라에서도 동일한 위상이 관측된다.’ 라는 이해를 바탕으로 관측자 위치에 따른 달의 위상이 동일하다는 설명 모형을 지니게 될 것이다.

R17로는 R15의 관측자의 지구 자전에 의한 시간 개념의 제스처를 다시 수행한 뒤 R16의 제스처와 비교해보게 한다. 그리고 <그림 56>의 우측 그림과 함께 TQ17로 ‘활동을 통하여 살펴보았을 때, 다른 나라와의 차이는 무엇인가요?’의 질문을 제시한다. R16에서 각각 90도의 경도 차이를 지닌 관측자의 위치 표현이 달의 일주 운동을 설명하는 활동인 R15에서 각각 해뜰참, 정오, 해질녘, 자정의 시간에 해당한다는 것을 인지할 수 있다. 그래서 예비교사들은 TQ17에 대해 지구의 자전에 의해 서로 다른 경도 상의 위치는 지구 자전에 의한 시간의 차이에 해당한다는 설명 모형을 바탕으로 ‘서로 경도가 다른 나라에서는 동일한 위상의 달이 뜨고 지는 시간이 다르다’라고 이해하게 될 것이다.

R18로도 동일한 사물모형과 제스처를 이용한 활동을 사용한다. 노란색 반구를 한 예비교사가 들고 상현의 위치에 서고 지구 역할의 관측자가 양팔을 벌려 제자리에서 해뜰참을 시작으로 한 바퀴 돌면서 노란색 반구가 언제 동쪽 지평선(관측자의 왼손)에 떠오르는 지, 남중하는 지 그리고 언제 서쪽 지평선(관측자의 오른손)으로 사라지는 지를 살펴본다. 동일하게, 보름, 하현, 초승 그리고 그믐의 위치를 반복하여 활동한다. 각각의 위상을 수행할 때, TQ18로 각 위상에서 달이 ‘뜨고 지는 시간은 언제 인가요?’를 제시한다. 따라서 예비교사들은 R18의 사물 모형과 제스처 활동을 통해서 달의 공전 궤도 상의 위치에 따라 각각의 달의 위상을 확인하고 동시에 위상마다 언제 뜨고 언제 지는 지를 설명할 수 있게 된다.

R16에서 R18까지 사용된 활동들은 사물 모형과 제스처를 이용한 활동들은 주변에서 쉽게 구할 수 있는 사물과 자신의 신체를 이용하여 공간상에서 표현한 활동으로 예비교사들의 수업 중 상황 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로도 작용한다고 볼 수 있다.

이러한 Part 5의 수업 전략은 R16과 TQ16에서 R18과 TQ18에 이르기까지 설명 모형을 추가하는 첨가 모드를 사용하였다. R16, R17 그리고 R18에서의 사물 모형과 제스처를 이용한 활동은 각각의 TQ에 의해 지구 자전으로 설명하는 모형을 지지할 뿐만 아니라, Part 4에서 부당성 입증 모드에 의해 소거된 ‘달을 공전시키면서 설명하는 모형’에 대해서도 지속적인 모순 사실로 작용하여 계속 소거 상태를 유지 할 수 있도록 하는 역할도 수행한다. 이는 설명 모형의 선언적 지식의 첨가가 아니라, 예비교사들의 설명 모형을 평면적인 기능적 구체 모형뿐만 아니라 공간상에서 사물 모형과 제스처를 이용하여 표현하게 한다. 이를 통하여, 이해뿐만 아니라 자신의 모형을 검증하여 설명 모형을 강화하는 피드백을 제공하는 수 있기에 표상의 측면에서의 첨가라고 볼 수 있다. 다시 말해서 설명모형이 단계를 거치면서 점차 견고해지기에 확인 전략이라 할 수 있다. 이처럼 확인 전략을 이용하여 평면에 표현하는 기능적 구체 모형뿐만 아니라 공간적으로도 달의 위상에 따른 관측 시간을 표현하고 이해할 수 있는 설명모형을 목표 모형으로 하는 Part 5의 수업전략을 요약하면 <그림 57>과 같다.



<그림 57> 모형 기반 수업 전략 Part 5: 달의 위상변화와 달의 일주 운동

## 제 6 장 형성 모형

### 제 1 절 오로라의 사례

#### 1. 교과와 교수 이미지

##### 가. 과학의 소재가 주위에 있는 소재들과 매우 친숙함을 깨달음

환경적 측면에서는 강의 중 생활 속의 친숙한 과학 소재를 사용한 것에 가장 큰 영향을 받았다. 과제로는 과학관과 영상물 주제를 선택하여 수행하였다. 과학관에서는 동행 설명과 함께 전시물 관람을 통해 생각보다 주위의 소재가 자신과 관련되어 있음을 인지하여 지구과학에 한 발 더 친숙하게 다가가는 계기가 되었다. 그래서 지구과학이 무조건 어렵다는 선입견을 버리고 나니 예전보다 쉽게 느껴진다고 생각하고 있다.

한 학기 동안 지구과학을 배우다 보니깐 생각보다 우리 실생활과 밀접하게 관련 있는 내용들이 많아서 배우는 게 더 재미있게 느껴졌어요. - E-mail

과학관에서 인상 깊었던 곳: 양부일구는 말할 것도 없고...조선시대에 제작된 여러 과학적인 도구들... 다이어트에 관심이 많은 사람들을 위해 체질을 알기 위한 터치스크린 코너 - 과제

##### 나. 과학관 체험을 통한 재미와 관련 과학 지식 획득

오로라는 지난 한 학기동안 자신의 생각을 가장 크게 바꾸어 놓았던 환경적 요인으로서는 과천 과학관 방문을 꼽고 있다. 특히, 과천 과학관에서의 동행 설명과 관심 있는 전시물과 체험활동을 통하여 재미를 느껴서 흥미가 높아졌고 이로 인하여 지구과학에 대한 사고와 인식의 전환을 가져왔다고 보고 있다. 특히, 전시물 중에 태풍 체험과 같은 다양한 체험을 통해 재미를 느꼈다. 과학관에서 전시물들을 통하여 재미와 더불어 다양한 관련 과학 지식을 습득하고 모형 기

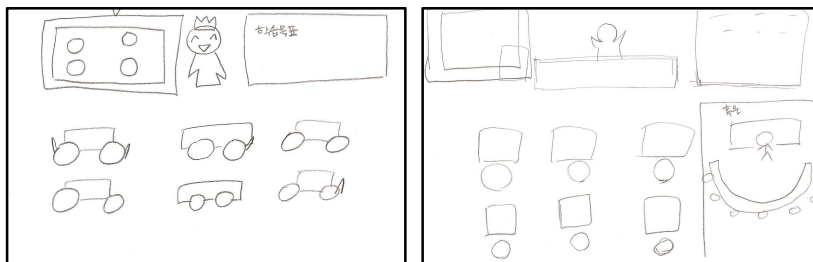
반 수업을 통하여 지구과학에 대한 이해 증대로 자아 효능감이 상승하게 된다.

얼마 전 수업시간에 배웠던 고생대, 중생대의 생물들의 모습을 하나하나 직접 확인해보고 비교해보니, 예전에는 머리로만 알았던 지식을 내 머릿속에 살아 움직이게 배우는 기분이 ...(중략)... 정말 깊은 과학적인 내용들이 쉽게, 또 흥미롭게 여러 도구를 통해 전시되어있었다. ‘살아있는 교과서’라고 할 만큼 학습의 도구로 효과적이다. -과제

과학관 방문을 통하여 나타난 특이한 점은 예비 교사로의 태도이다. 과학관 관람 중에 아이들을 인솔하고 관람 온 다른 현장 교사들의 행동을 관찰하면서 자신이 추구하는 교사상에 영향을 받았고 관련 지도안 작성을 하면서 효과적인 교수법을 고민하게 된다.

#### 다. 제한된 경험을 바탕으로 시각적 자극을 중시하며 질문과 설명을 병행하는 전통적 교수법

<그림 58>과 같이 제한된 경험을 바탕으로 시각적 자극을 중시하며 질문과 설명을 병행하는 전통적인 수업이 자기 교수 이미지로 표상되었다. 이러한 효과적인 교수법의 고민은 과제로 제출한 과학관 관련 보고서의 지도안에도 잘 나타나 있다. 참관 실습을 통하여 살펴본 현장 교사들의 모습에서 적극적으로 능동적인 태도의 필요성을 느낀 점과 과학관에서 본 인솔 교사들의 모습을 통한 반성과 더불어 형성된 자신의 교사상은 예비교사로서의 목표가 된다.



<그림 58> 오로라의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우)

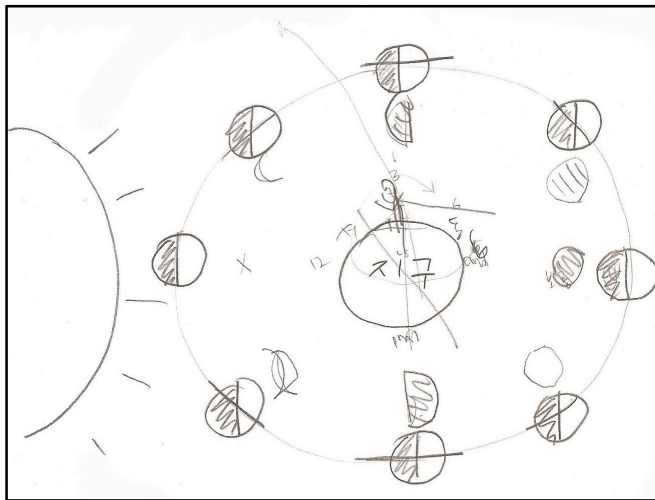
## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

형성 모형으로 지구가 달의 크기에 4배 정도로 묘사하여 달의 스케일 모형이 바르게 형성되었으나 태양은 지구의 20배 정도밖에 되지 않는다. 물론 초기 모형에서 13배로 묘사했던 태양을 거의 2배 가까이 더 크게 묘사하기는 했지만, 실제 태양의 크기를 실제의 비율대로 그리기로 표상하기에 어려워 보인다. 그래서 아직 태양의 크기에 대해서는 정확한 스케일 모형을 지니지는 못했지만, 초기 모형에 비해서는 태양의 크기를 크게 생각하고 있으며, 달의 위상 변화를 설명하는 데에는 크게 문제가 되지 않는 것으로 보인다.

### 나. 달의 위상 변화

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 59>로 달의 공전 궤도 상의 몇 가지 대표적인 위치에 따른 위상을 표현하고 있다.



<그림 59> 오로라의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성

### 달의 밝은 부분과 어두운 부분

개념 그리기에 나타난 광학적 개념을 살펴보면, 8가지의 달의 위치에 따른

위상이 표현되고 있다. 위상의 표현에 있어서 달이 태양 빛을 반사하는 부분은 직선과 빗금으로 달의 공전 궤도 중 지구 쪽을 향하는 부분을 직선으로 표현하고 있다. 그리고 이 두 부분이 겹치는 것을 이용하여 위상 변화를 표현하고 있다. 초기 모형에서 위상 변화를 지구 그림자의 영향으로 생각하였기에 달의 궤도 운동을 고려하지만 위상 변화를 제대로 설명하지 못하여 자신의 초기 모형에 대한 불만족을 지니고 있었다. 하지만, 달의 위상 변화에 관한 형성 모형에서는 달이 태양빛을 반사하는 부분과 지구에서 관찰가능한 부분의 교차부분이 우리가 관찰할 수 있는 달의 위상이라는 광학적 개념 모형이 바르게 형성되었음을 확인할 수 있다.

### 망에서 달의 위상은 보름

지구와 달의 공전 궤도면이 약 5도 기울어져 있음을 인지하지 못하여 보름의 위상을 설명하지 못했던 불만족 상황과 불일치 현상도 바르게 형성하여 해결하는 것으로 나타났다.

오로라: 우리가 지구에 서 있으니깐, 이 상황에서 이걸 보면 이렇게 나오지 않  
 나요? 사람이 여기 서 있으니깐요. 사람이 이것을 보면 이 뒤쪽은 아예  
안보니깐 이걸 다 반사하는 부분이 다 보이게 돼서 이걸 보름이 되게  
되는 거구요. 여기를 봤을 때에도 이렇게 가리고 보이는 거니까요. 상  
현달이 보이는 거예요. - 심층 면담

### 다. 달의 일주 운동

#### 지구의 자전 - 표현된 모형에 잘못 표현된 지구의 자전축

특이한 점은 지구 자전축이 잘못 표현된 것이다. 일반적으로 지구를 천문학적 관점에서 묘사할 때, 지구본과 같은 형태로 자전축을 수직선에 약 23.5도가 기울어진 형태로 표현한다. 하지만, 달의 위상 변화에 관한 기능적 구체 모형에서는 달의 공전 궤도가 평면으로 표현되기 때문에 자전축은 지구를 표현하는 원의 중심으로 보아야 한다. 그런데, 오로라는 마치 지구본을 옆에서 보는 형태와 같이 그리기로 나타내고 있다. 이러한 자전축의 잘못된 표현은 지구 자전에 의한 위상 관찰 시간을 설명할 수 없게 하는 불만족 상황을 유발하게 된다.

연구자: 이 그림에서 자전축이 어디에 있는 거죠?

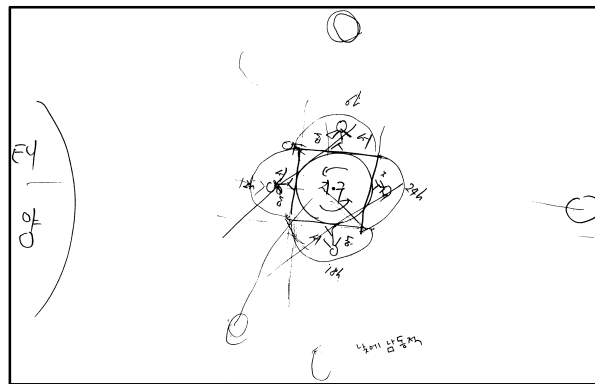
오로라: 자전축이요? 여기를 중심으로

연구자: 보름이 언제 떠서 언제 지죠?

오로라: 그건 잘 모르겠어요. 그건 잘 몰라요. 강의를 들었을 때는 이해를 했는데, 재 그림으로는 설명을 못하겠어요. -심층 면담

이러한 자전축의 모순 사실은 연구자가 선행 연구 분석과 초기 모형 분석에서도 놓친 사실이다. 물론 강의 중에 달의 위상 변화를 나타내는 기능적 구체 모형 상에서 지구 자전을 설명하기는 했지만, 이를 모순 사실로 제시하지 않았기에 오로라는 지구의 자전축에 대한 모순 사실을 인지하지 못해 표현된 모형에서 달의 일주 운동에 대한 설명을 할 수 없게 된 것이다.

오로라에게 형성 모형에 관한 심층 면담에서 지구의 자전축을 모순 사실로 자극을 주어 자전축을 수정한 후, 다시 달의 위상 별로 관측 시간에 따른 관측 가능한 위치를 설명하기 위해 작성한 개념 그리기는 <그림 60> 이다.



<그림 60> 오로라의 지구의 자전축 표상 개념  
그리기-형성

### 달도 지구 자전에 의한 일주 운동

표상한 자전축으로는 보름달이 언제 어디서 떠서 어디로 지는지를 설명할 수가 없었던 형성 모형의 불만족을 면담을 통하여 인식하게 되고 달의 공전 궤도면과 지구 자전축의 공간상의 관계를 심층 면담 중에 제시한 모순 사실을 통해 자신의 궤도 모형의 불일치를 깨닫고 모형을 수정하는 모형 진화가 발생하였



다. 그래서 수정된 개념 그리기의 지구 가운데에 자전축을 점으로 표현하고 그 주위에 자전 방향을 화살표로 표현하고 있다. 또한 대표적인 4가지 시간을 지표상의 친구를 표현하고 지구 바깥쪽에 각각의 시간을 표현함으로써 달의 일주 운동이 바로 지구의 자전에 의한 것임을 나타내고 있다.

### 달의 동에서 서로 일주 운동과 관측 시간

수정된 모형을 이용하여 바로 보름달이 언제 어디서 떠서 어디로 지는지를 설명할 수 있게 되었고, 상현과 하현의 일주 운동도 개념 그리기를 이용하여 정확하게 설명하게 된다. 이로서 오로라는 지구의 자전축을 수정하여 목표 모형 까지도 제대로 형성하게 된다.

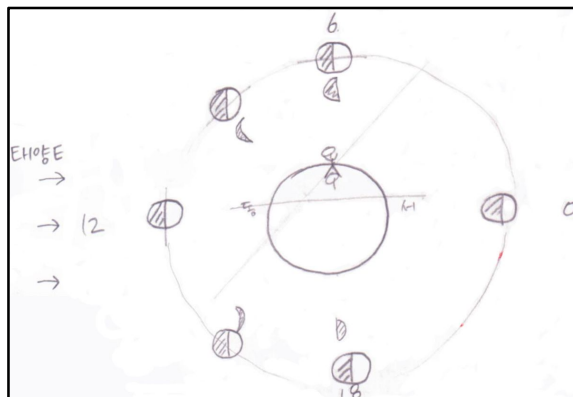
연구자: 상현은 언제 어디에서 떠서 언제 어디로 지죠?

오로라: 상현은 낮 12시에 동쪽에서 떠서요. 저녁 6시에 남중 하고요. 저녁 12시에 서쪽으로 저요.

연구자: 하현은요?

오로라: 저녁 12시에 동쪽에서 떠서. 아침 6시에 남중하고, 낮 12시에 서쪽으로 저요. - 심충면담

10주 후 <그림 61>과 같이 바른 모형이 유지되는데, 자전축을 직접 표상하지는 않았지만, 지평선을 나타내고 공전 궤도 바깥쪽으로 지구 자전에 따른 시간을 표현하여 간접적으로 자전축을 원의 중심에 두고 있음을 유추할 수 있다.



<그림 61> 오로라의 지필평가 개념 그리기

## 제 2 절 이원리의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 강의를 통하여 지구과학 학습 내용을 암기가 아닌 이해로

환경적 측면에서는 모형 기반 수업으로 구성된 강의에 가장 큰 영향을 받았다. 이원리에게 모형 기반 수업은 자신에게 수준을 맞추어 준 눈높이 교육으로 인식이 되고 있는 것이다. 또한 바가지(노란색 반구) 활용 활동과 같은 수업 자원에 의해 기존에 암기에 의존하여 학습해왔던 것과는 달리 이해가 선행됨으로써 지구과학 교과 전체에 대한 이미지의 변화를 가져오게 한 것으로 보인다. 즉, 눈높이에 맞춘 모형 기반 수업을 통한 지구과학에 대한 이해 증대는 지구과학 교과에 대한 거부감을 감소시키는 반면 흥미는 증가하게 만들어 주게 된다.

지구과학을 무조건 암기과목이라고 생각했는데 이번 학기 수업을 들으면서 단순히 암기하는 과목이 아니라는 생각이 들어 흥미를 느꼈습니다. (지구과학에 대한 인식) 모두 조금씩 긍정적으로 바뀐 것 같습니다. 아무래도 모형 수업을 하면서 지구과학 수업을 좀 더 적극적으로 듣게 되면서 긍정적인 시각으로 바뀐 것 같습니다. 천문 같은 경우 (중고등학교) 선생님들께서 이유를 설명해주시지 않으시고 무조건적으로 암기를 시키셔서 어려운 부분이라는 이미지로 남았었습니다. 그런데 이번 강의를 들으면서 교수님께서 노란 바가지 (노란색 반구) 등으로 이해가 잘 되게 설명해주셔서 천문 부분에 대한 인식이 바뀌었습니다. - 설문 + 면담

#### 나. 딱딱하다고 여겼던 지구과학에서 재미있는 내용들을 인식

이원리는 강의 중에 보여주었던 다양한 수업 자원들에 호감을 가지게 되는데 <그림 63>의 좌측에 나타난 자기 교수 이미지에서도 강의 중에 제시된 수업 자원으로 “강의 시간에 교수님께서 예로 들어 주신 실험인데 아이들이 쉽게 재미있게 실험할 수 있을 것 같았다.”라고 말하며 재미있는 내용으로 인식하고 있다. 또한 과제인 과학관 방문과 영상물 시청을 하면서도 지구과학에서 재미있

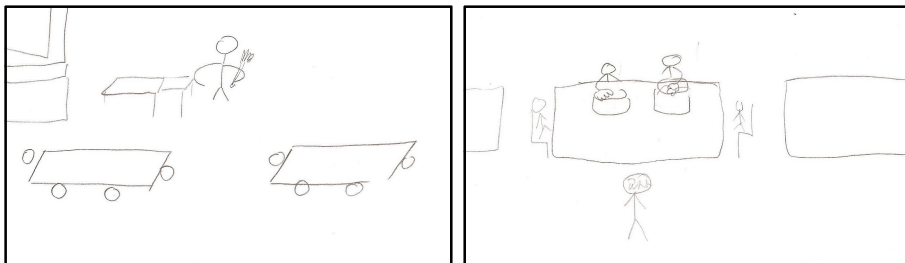
고 관심 있는 내용들이 있음을 발견하게 된다. 수업 중에 배워서 외우기만 했던 대상들을 과학관에서 직접 보면서 흥미를 느끼게 되고 영상물 과제에서도 본인이 관심 있는 사회 문제와 지구과학에서의 교점을 발견하게 된다.

과제라는 생각으로 의무감으로 과학관에 갔다. 그런데 들어간 순간 정말 깜짝 놀랐다. 전시만 되어있고 딱딱하게 큰 안내문에 설명만 되어있기 보다는 다양한 체험을 할 수 있도록 구성되어 있었다. -과제

다큐 (북극의 눈물)의 영상을 보면서 북극의 바다에 비닐봉지가 흘러 다니고 있는 모습에 깜짝 놀랐다. ...(중략)... 텔레비전에 다크만 나오면 다른 채널로 돌리고 지루해 하던 내가 유일하게 처음부터 끝까지 숨죽이면서 보고 시리즈를 다 본 것이 바로 (눈물) 시리즈이다. 재방송을 보았다가 본방도 다 챙겨서 ...(중략)... 투모로우 영화는 고등학교 때 학교 수업 시간에 본 영화로써 재미도 있으면서 환경에 대한 경각심도 일으켜준 좋은 영화이다. -과제

#### 다. 대학 수업 경험으로 학생들이 관찰하거나 체험할 수 있는 교수법

<그림 62>와 같이 지구과학과 생물의 대학 수업에서 경험을 바탕으로 학생들이 직접 관찰하거나 체험할 수 있는 자기 교수 이미지가 표상되었다. 이러한 교수법의 고민은 단순 개념 제시를 통한 이해는 암기를 동반하여 자아 효능감을 높여주지 못하지만, 직접 눈으로 보는 시각적 경험과 체험을 통하여 흥미를 동반한 이해를 이원리는 예비교사로서 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다.



<그림 62> 이원리의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우)

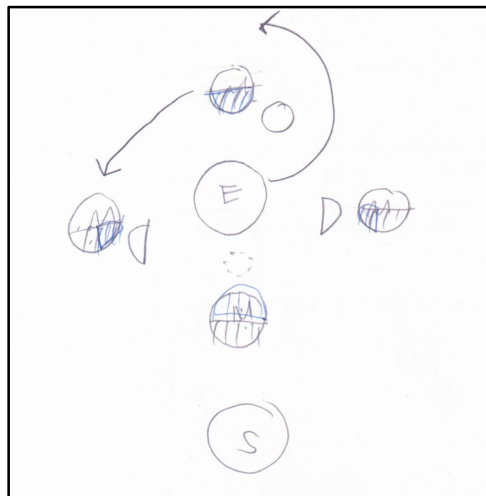
## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

스케일에 관한 형성 모형은 지구가 달의 크기에 약 3배 정도로 묘사하고 있어 달에 관한 스케일 모형이 초기 보다는 실제 크기 비율에 가깝게 바뀌었다. 태양의 경우는 아직 많이 작기는 하지만 처음 보다는 큰 지구 크기에 약 5배 정도로 묘사하고 있어 실제 태양의 크기의 비율대로 형성되어 있지는 않다. 그래서 아직 정확한 스케일 모형을 지니지는 못했지만, 초기 모형에 비해서 달의 스케일 모형이 비교적 정확해졌다.

### 나. 달의 위상 변화

형성 모형을 살펴보기 위하여 달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 63>이다.



<그림 63> 이원리의 달의 위상 변화  
개념 그리기-형성

초기 모형처럼 달을 공전 궤도 상에서 4개의 위치를 표현하고 있으며 차이점은 초기 모형에서 나타내지 못했던 각 위치에서의 위상을 개념 그리기로 표상하고 있는 것이다. 즉, 초기 모형에서는 달의 위상 변화에 관한 광학적 개념이

그리기로 나타나지 않은 반면, 형성 모형에서는 자신이 지니고 있는 광학적 개념이 잘 표현되고 있는 것이다.

### **달의 밝은 부분과 어두운 부분**

개념 그리기에 나타난 광학적 개념을 살펴보면, 네 가지의 위치에 따른 위상이 정확하게 표현되고 있다. 초기 모형에서 삭과 망의 위치를 혼돈했던 것과는 달리 정확히 보름을 표현하고 있다. 위상의 표현에 있어서 달이 태양 빛을 반사하는 부분을 달의 태양 쪽의 반원을 검은색으로 빗금을 표현하였고 보름과 상현 그리고 하현에서는 태양을 반사한 부분과 지구에서 볼 수 있는 달의 공전 궤도 중 지구 쪽을 향한 부분이 겹치는 부분을 청색으로 빗금을 표현하였다. 반면, 삭의 위치에서는 지구 쪽을 향한 부분 전체를 청색으로 표현하여 달에서 태양 빛을 반사하는 부분인 검은색 빗금과 겹치는 부분이 없음을 나타내고 있다. 그래서 최종적으로 지구에서 보이는 부분을 각각의 위치에서 별도의 그림으로 표현하였다. 따라서 이원리는 달의 위상 변화에 대한 광학적 개념 모형이 바르게 형성되었음을 확인할 수 있다.

### **망에서 달의 위상은 보름**

초기 모형에서는 천체 운동에 관한 개념에서 지구와 달의 공전 궤도면이 약 5도 기울어져 있음을 인지하지 못하여 보름의 위상을 삭의 위치로 표현했던 초기 모형의 불만족 상황과 불일치 현상도 형성 모형에서는 모형을 수정하여 해결한 것으로 나타났다.

## **다. 달의 일주 운동**

### **달의 공전에 의한 달의 일주 운동**

달의 위상은 달의 위치에 따라 정확한 광학적 개념을 지닌 반면, 초기 모형 분석에서도 나타난 지구의 자전과 달의 공전에 관한 개념 모형은 여전히 오개념을 포함한 초기 모형에서 들어난 개념으로 남아있었다. 이는 모형 학습 기반의 강의 중에도 스스로 자신의 모형 중 지구의 자전과 달의 공전에 관한 부분이 경쟁적인 설명 모형이며, 이 두 모형이 서로 모순되고 있음을 인지하지 못했기 때문이다. 즉, 두 모형의 경쟁을 통하여 달의 일주운동도 지구 자전에 의한

일주운동으로 설명해야하는데, 이 단계로 진행을 하지 못한 것이다. 그래서 심층 면담 중 보름달이 언제 어디서 떠서 언제 어디로 지는 지를 자신의 형성 모형이 표상된 개념 그리기로 설명하려는 과정에서 드디어 불일치 상황을 인지하게 된다. 보름달이 뜨고 지는 것을 지구의 자전으로 설명하지를 못하고 마치 태양이 뜨고 지는 것을 천동설로 설명하듯이, 망의 위치에 있는 달을 하루 동안 지구 주위를 한 바퀴 돌려서 보름달의 일주 운동을 설명하려고 시도한다.

이원리: 음, 여기까지 오면요. 보름이 여기서 부터 여기까지 보여요.

연구자: 지금 달이 움직인 건가요?

이원리: 아! 달이 이렇게 반시계 방향으로 돌아요. 아닌가? <그림에 표시>

연구자: 처음에 이것이 보름이라고 했죠. 달이 <그림에 달의 공전을 표시한 데로 따라가면서> 다시 이 자리<보름>로 오는데 한 달이 걸려요.

이원리: 하하하! 하하하!

연구자: 보름은 언제 떠서 언제 지죠?

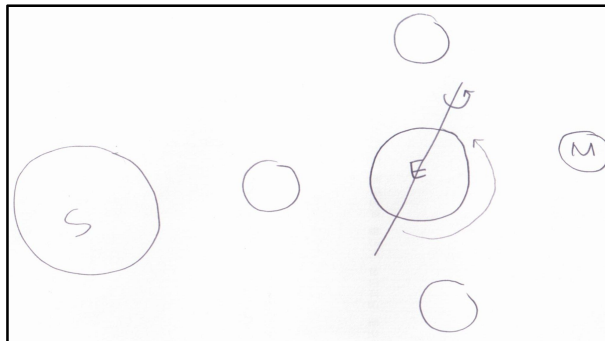
이원리: 보름이요. 10시오. 한 10시 쯤

연구자: 그림으로 설명할 수 있나요?

이원리: 아! 근데 여기로 가는 게 아니라고 하셨는데. 어떻게 설명하는 거죠? -심층 면담

### 지구의 자전 - 표현된 모형에 잘못 표현된 지구의 자전축

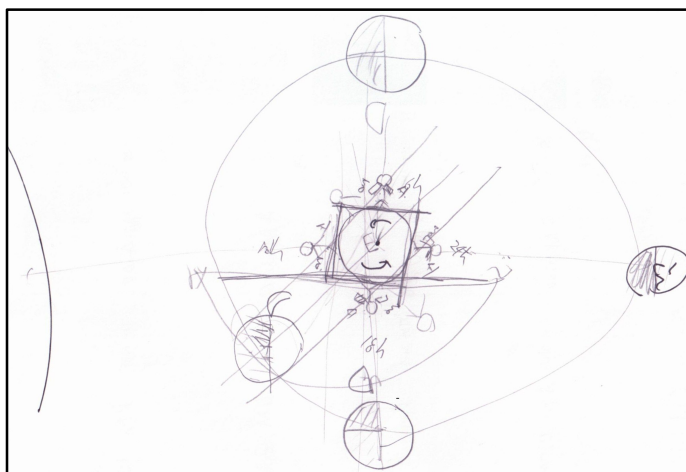
지구의 자전에 대한 개념이 달의 위상 변화를 설명하려는 기능적 구체 모형에서 어떻게 나타나는지를 확인하기 위하여 즉석으로 지구의 자전을 표현하게 하였다. 이원리가 지구 자전을 그리기로 표상한 것이 <그림 64>이다.



<그림 64> 이원리의 지구의 자전축 표상 개념 그리기

특이한 점은 개념 그리기로 묘사된 지구의 자전축이 잘못 표현으로 지구의 자전축을 수직선에 23.5도 정도 기울어진 형태로 표상하고 있다. 하지만, 개념 그리기에 나타난 달의 위상 변화에 관한 표현된 모형에서는 달의 공전 궤도가 평면으로 표현되기 때문에 지구의 자전축은 지구를 표현하는 원의 중심으로 보아야 한다. 그런데, 오로라는 일상적으로 지구를 그리고 자전축을 표현할 때, 마치 지구본을 옆에서 보는 형태와 같이 나타내고 있다. 이러한 지구의 자전축의 표현 역시 지구 자전에 의하여 발생하는 달의 위상 관찰 시간을 설명할 수 없게 하는 불만족 상황을 유발하게 된다.

결국, 일차적으로 목표 모형 중 지구와 달의 공전 궤도가 기울어져 있는 개념 모형까지만 형성된 것으로 추정할 수 있다. part 4에서와 같이 달의 일주 운동을 지구의 자전으로 설명하는 모형과 달의 공전으로 설명하는 모형을 상호간의 불일치 모형으로 설정하여 진행하였는데, 이 단계에서 불일치 모형으로 인지하지 못한 것으로 보인다. 그래서 모형의 진화가 일어나지 못하였다. 면담 중에 달의 공전 주기는 하루가 아니라 약 한 달임을 모순 사실로 제시하여 달의 일주 운동을 달의 공전으로 설명하려는 자신의 모형과의 불일치를 인지하도록 하였다. 또한, 기능적 구체 모형으로 표현할 때의 지구 자전축의 위치도 수정할 수 있도록 하였다. 그래서 이원리는 달의 일주 운동을 설명하기 위하여 <그림 65>로 다시 개념 그리기로 표현하였다.



<그림 65> 이원리의 지구의 자전축 표상 수정 개념 그리기

### 달도 지구 자전에 의한 일주 운동

수정된 개념 그리기의 지구의 가운데에 자전축을 점으로 표현하고 그 주위에 지구의 자전을 굽은 화살로 표현하고 있다. 또한 대표적인 4가지 시간에 해당 하는 지평선이 지구 표면에 표현되고 있다. 지평선 위의 관측자의 왼손과 오른 손 옆에 각각 동쪽과 서쪽이 표현되고 있다. 또한, 각각의 지평선 위에 시각을 표현하고 있다. 이로써 달의 알주운동도 지구의 자전에 의한 것이라는 개념 모형을 형성하게 된 것을 확인할 수 있다.

### 달의 동에서 서로 일주 운동과 관측 시간

수정된 개념 그리기를 이용하여 상현이 언제 어디서 떠서 어디로 지는지를 설명할 수 있게 되었다. 특히, 상현이 실제로 지평선 위로 뜨는 시간은 정오이며, 이때는 태양이 떠있는 낮이기 때문에 보이지 않는다는 바른 개념을 지니고 있다. 그래서 실제 상현을 처음 관측할 수 있는 시간은 해질녘인 18시 인 것을 바르게 설명할 수 있게 된다.

연구자: <상현> 이건 언제 뜰까요?

이원리: 음, <정오의 지평선 위치를 가리키며> 여기요.

연구자: 실제 뜨는 것은?

이원리: 네 <정오의 지평선 위치를 가리키며> 여기요.

...(중략)...

연구자: 이 때 <지평선 위로> 떠 있는데 왜 안보이죠?

이원리: 태양 때문에

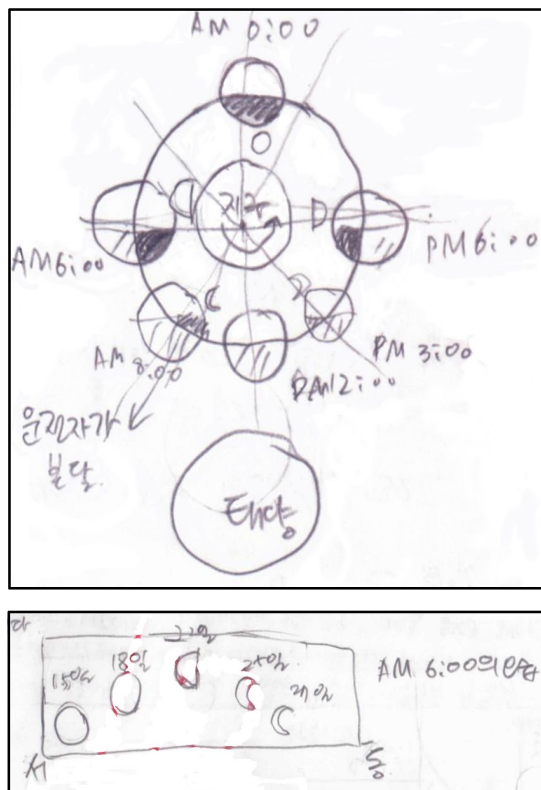
연구자: 언제 처음 보이죠?

이원리: 태양이 질 때. 음, <해질녘 지평선 위치> 이쪽에 왔을 때 -심층 면담

심층 면담을 통하여 연구자가 모순 사실을 인지하도록 도와줌으로서 이원리는 기존에 나타내었던 네 가지 위상의 표현과 각 위상의 일주 운동에 대한 설명뿐만 아니라 초승의 위상의 일주 운동까지도 완벽하게 개념 그리기로 표현된 자신의 수정된 형성 모형을 이용하여 설명할 수 있게 된다. 이로서 비록 강의 중에는 목표로 하는 형성 모형까지 형성되지는 못했지만, 심층 면담 중에 지구의 자전과 그에 따른 달의 일주 운동에 대한 개념의 수정을 통하여 강의에서 목표로 하였던 천체 운동에 관한 개념 모형까지도 제대로 형성하게 된다.



따라서 약 10주 후에 실시된 평가에서 <그림 66>과 같이 달의 위상 변화와 각 위상에 따른 달의 일주 운동을 개념 그리기로 바르게 설명하고 있다. 특이한 점은 표현된 위상들은 지구 중심을 지나는 직선과 이 직선에 수직인 직선이 표현되어 있고 수직인 직선 위에는 각각 시간이 기재되어 있다. 이는 모든 직선이 교차하는 지구 중심의 자전축을 기준으로 반시계 방향으로 자전함에 따라 각각의 시간에 해당하는 지구의 지평선을 지구 중심을 지나가게 표현하고 있는 것이다. 비록 개념 그리기에는 지평선 상의 동쪽과 서쪽의 방위를 직접적으로 표시하지는 않았지만, <그림 66>의 아래 부분처럼 해뜰참의 지평선에 보름부터 그믐까지의 달의 위치를 표시하며 문제를 바르게 해결 한 것으로 보았을 때, 이 원리는 지평선 상의 방위를 인지한 상태에서 문제를 해결한 것으로 보인다. 따라서 각 지평선에 수직인 선은 천구의 남쪽 방향을 가리키게 되는 것이다.



<그림 66> 이원리의 지평평가 개념 그리기

## 제 3 절 강초록의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 강의를 통하여 지구과학 학습 내용을 암기가 아닌 이해로

환경적 측면에서는 모형 기반 수업으로 구성된 강의에 가장 큰 영향을 받았다. 특히, 사전 면담을 할 때 자신의 오개념을 파악할 수 있었던 것이 학습을 위한 적절한 준비 단계로 인식하고 있다. 초기 모형 탐색에서 불만족스러운 부분과 불일치한 점을 깨달은 것이 모형 기반 수업에서 자신의 모형을 진화시키는 결정적인 계기가 된 것으로 볼 수 있다. 덧붙여 모형 기반 수업 중에 제공한 노란색 반구 활용 활동과 같은 수업 자원에 의해 이해가 선행됨으로서 기존 교육에서 단순 암기했기에 지구과학 학습에서 느끼지 못했던 즐거움을 느끼게 된 것이다. 즉, 활동과 가시적 모형과 같은 다양한 수업 자원으로 구성된 모형 기반 수업을 통한 이해 증대는 지구과학 교과에 대한 거부감을 감소시키는 반면 흥미는 증가하게 만들어 주게 된다. 이러한 이해를 기반으로 한 흥미 상승은 과학관 방문에서도 확인할 수 있다. 강초록은 동행 설명을 통하여 전시물에 대한 이해가 증가함으로써 지구과학에서 재미와 관심 있는 내용들이 존재함을 인식하고 있다.

모형 (기반) 수업으로 몇몇 학생들을 사전에 면담한 것이 좋았습니다. 면담을 한 사람의 입장으로써 이해된 부분과 이해되지 않은 부분을 스스로 파악할 수 있었고, 내가 어떤 오개념을 갖고 있었는지도 파악할 수 있었다. 수업 내용을 그 동안 거의 이해하지 못하고 단순 암기했던 내용들이 많아서 과학 내용을 이해하고 또 그것에 즐거움을 느낄 수 있었던 것 같다. 특히, 달의 위상 변화를 설명하실 때, 노란색 바가지(반구)를 이용하셨던 것(이) 너무 좋았다. 또 태양과 지구의 크기 비교를 위해 점토를 이용한 것도 시각적으로 매우 효과적이었고, 이해하는 데에 큰 도움이 되었다. -강의 피드백

## 나. 이해를 통해 지구과학에서 재미와 관심 있는 내용들을 인식

강초록은 자아 효능감이 상승하게 되고 점차 지구과학에서 다루는 내용들에 흥미 요소들을 발견하게 된다. 먼저, 강의 중에 보여주었던 다양한 수업 자료들에 호감을 가지게 되는데 <그림 67>의 우측에 나타난 자기 교수 이미지에서도 강의 중에 제시된 수업 자료으로 “이번 지구과학 시간에 달의 위상변화(활동)을 직접 해본 것이 가장 기억에 남는다. 매번 시험 볼 때마다 암기한 내용을 이번에는 이해해서 더 기억에 남는지도 모른다.”라고 말하며 활동을 통한 이해를 바탕으로 학습 내용을 재미있는 내용으로 인식하고 있다. 또한 과제인 과학관 방문과 영상물 시청을 하면서도 재미있고 관심 있는 내용들이 있음을 발견하게 된다. 수업 중에 사진으로만 보았던 대상들을 과학관에서 동행 설명을 통해 이해하면서 직접 보거나 체험하면서 흥미를 느끼게 된 것이다. 다큐멘터리와 영화로 구성된 영상물 과제에서도 본인이 관심 있는 환경 문제와 지구과학 사이의 교점을 발견하게 된다. 더욱이 이번을 계기로 가정에 보유하고 있는 다큐멘터리를 관심 있게 보게 되었으며 이 과제를 통하여 환경 관련 교육에도 아이디어를 얻은 것으로 보인다.

집에 있어도 보지 않았던 다큐멘터리와 재미없을 것 같아서 보지 않았던 영화를 이번 기회에 모두 보게 되었다. ..(중략)...

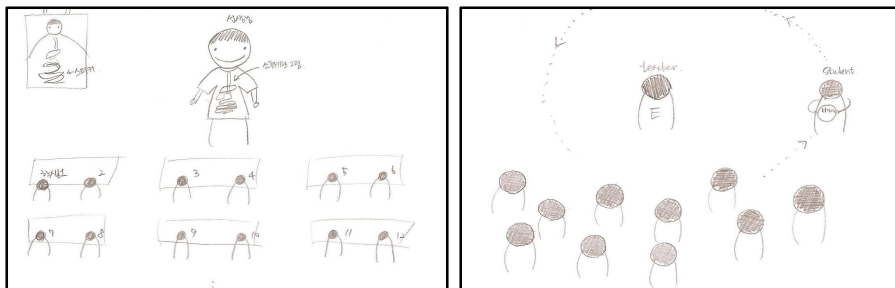
이 장면을 보면서 가장 가슴이 아팠다. 분명 나도 바다를 오염시키고 있는 장본임에도 불구하고 매번 이러한 가슴 아픈 장면을 보면서 그 순간에만 깨닫는다는 것이 부끄러울 뿐이다. 그래서 집에 있는 다큐멘터리이므로 잊을만할 때가 오면 다시 한 번 보는 것이 좋겠다는 생각이 든다. ..(중략)...

이번 영화와 다큐를 보면서 나 스스로도 느꼈던 것들이 많은 만큼 아이들도 이 영상물을 본다면 분명히 느끼는 바가 있을 것이다. 그것이 영상물을 본 후 잠깐의 느낌일지라도 환경 문제에 대해 무언가 한 번이라도 느끼는 바가 있다면 그 경험으로 충분하다고 본다. 형식적으로 교과서에서 배우는 환경 관련 문제보다는 교육적인 자료를 통해서 교과서의 내용을 보충하고, 그것을 통해서 아이들이 교과서 밖의 새로운 내용들을 경험했으면 하는 바람이다. -과제

## 다. 자신의 경험대로 학생들이 관찰하거나 체험할 수 있는 교수법

<그림 67>과 같이 DASTT-C를 통하여 나타난 교사상은 지구과학과 생물의

대학 수업과 참관 실습에서 경험을 바탕으로 학생들이 직접 관찰하거나 체험할 수 있는 교수법이 자기 교수 이미지로 표상되었다. 이러한 교수법의 고민은 단순 개념 제시를 통한 이해는 암기를 동반하여 자아 효능감을 높여주지 못하지만, 직접 눈으로 보는 시각적 경험과 체험을 통하여 흥미를 동반한 이해를 강조하는 예비교사로서 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다. 특히 지구과학에서는 달의 위상 변화와 같은 현상을 그림과 같은 평면적 시각적 경험이 아닌, 노란색 반구 활용 활동과 같은 체험이나 실제 달 관측을 수행하는 경험이 훨씬 학습 내용을 이해하는데 효과적이라고 생각하고 있다. 그래서 과제로 제출하지는 않았지만 달 관측 과제를 수행했다고 한다.



<그림 67> 강초록의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우)

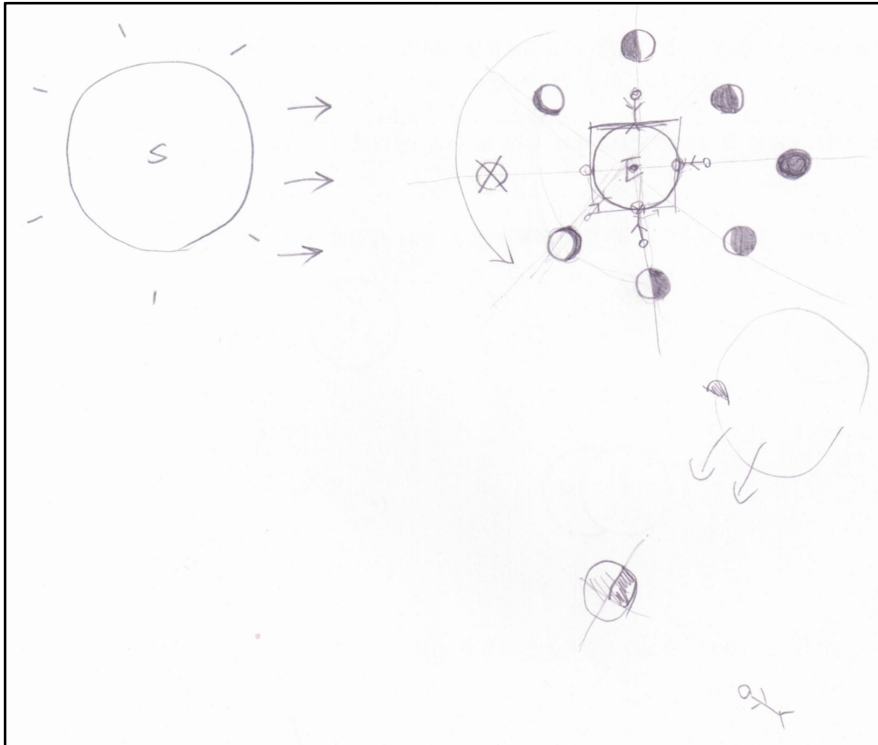
## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

스케일에 관한 형성 모형은 달을 지구의 절반 크기로 묘사하여 초기 모형보다는 달의 크기를 상대적으로 작게 인지하고 있으나 아직도 실제 스케일 비율보다는 2배정도 크게 생각하고 있음을 알 수 있었다. 한편, 태양은 지구 크기의 18배로 오히려 작게 표상하였다. 강의를 통해서 달이 알고 있던 것 보다는 작다는 것을 알고 있지만, 실제 크기의 비율까지 초기 모형을 완전히 수정하지 못하는 것으로 보이며, 태양의 경우는 수치상으로 알고 있는 비율을 평면상에 표상하는 것에 한계를 지니고 있는 것으로 추정된다.

## 나. 달의 위상 변화

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기는 <그림 68>이다.



<그림 68> 강초록의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성

초기 모형과의 가장 큰 차이점은 지구 그림자가 사라진 것과 삭과 달의 공전 궤도 상에서 땅의 위치 외에도 여러 위치의 달의 위상을 표현하여 나타내고 있다는 것이다. 그리고 지구의 표면에 해뜰참, 정오, 해질녘, 자정에 해당하는 시간의 지평선과 관측자를 나타내고 있다.

### 달의 밝은 부분과 어두운 부분

위상의 표현에 있어서는 각 위상별 달의 위치에 지구에서 관측할 수 있는 달의 위상을 표현하고 있다. 하단에 표현된 그림과 심층 면담을 통하여 강초록이

이해하고 있는 달의 위상은 달이 태양빛을 반사하는 부분 중 지구에서 관측 가능한 달의 궤도 중 지구 쪽을 향하는 부분임을 알 수 있다.

연구자: 이렇게 보이는 이유는?

강초록: 이쪽(지구)에서 보이는 면이랑 태양이 비추는 면이랑 공통되는 면적만 해  
서. -심층면담

### 망에서 달의 위상은 보름

초기 모형에서 위상 변화를 고려할 때 지구 그림자의 영향으로 ‘삭’과 ‘망’의 위치에서만 달의 위상을 고민하며 ‘삭’의 위치에서 보름을, 망의 위치에서는 삭 현상을 생각하였기에 달의 궤도 운동을 고려하지만 위상 변화를 제대로 설명하지 못하여 초기 모형에 대한 불만족을 지니고 있었다. 하지만, 달의 위상 변화에 관한 형성 모형 탐색에서는 광학적 개념 모형이 바르게 형성되었음을 확인할 수 있다. 그리고 무엇보다 초기 모형에서 모순 사실이었던 천체 운동에 관한 개념에서 지구와 달의 공전 궤도면이 약 5도 기울어져 있음을 인지함으로써 형성 모형에서는 ‘삭’과 ‘망’의 바른 위상뿐만 아니라 다른 위치의 위상들도 설명할 수 있게 된다.

### 다. 달의 일주 운동

#### 지구의 자전과 표현된 모형에 고려하지 않은 자전축

개념그리기에 해뜰참, 정오, 해질녘, 자정의 지평선을 표현하여 지구의 자전을 바르게 표현하고 바르게 인지하고 있는 것으로 추정되나, 심층 면담을 통해서 자전축을 제대로 고려하고 있지 않음을 알 수 있다. 오히려 달의 일주 운동을 대표적인 시간 때의 지표상에서의 관찰을 알고 있으면서도 이것이 지구 자전에 의한 것이라는 것을 명확하게 연결하지 못하고 있다.

연구자: (지구의) 자전축이 어디 있는 거죠?

강초록: 아! 그런 거까지 생각해야 되는구나. 모르겠어요. - 심층 면담

## 지구 자전에 의한 달의 동에서 서로 일주 운동과 관측 시간

심층 면담 중에 자신의 개념 그리기를 이용하여 보름을 시간대에 따른 관찰과 그 시간에서의 관찰자의 위치를 설명하도록 유도하였다. 강초록은 설명 도중에 자신이 인지하고 있음을 알아채지 못했던 자전축의 위치를 깨닫게 된다. 이처럼 자신의 개념 모형에는 이미 지구의 자전축이 포함되어 있음에도 이를 고려하지 못하여 자신의 개념 그리기에서 자전축의 위치를 묻는 질문에 답하지 못하는 불만족을 인터뷰어의 직접적인 가르침이 아닌 강초록이 알고 있는 사실들에 대한 확인 질문을 통하여 자신의 표현 모형을 이해하게 되는 것이다. 그래서 자신의 불만족을 해소하면서 스스로 놀라게 된다. 이로써 강초록은 지구의 자전축을 인지하여 강의에서 목표로 하였던 천체 운동에 관한 개념 모형까지도 제대로 형성하게 된다.

연구자: 보름은 언제 떠서 언제 지나요?

강초록: 보름은 오후 6시에 떠서 오전 6시에 저요.

연구자: 그림으로 설명해 보면?

강초록: <자정 위치를 가리키며> 여기 있을 때 남중 할 때라고 저는 생각을 했거든요. 하하하.

연구자: 언제 남중 한다는 거죠?

강초록: <자정 위치를 가리키며> 여기서 볼 때요. ...(중략)...

연구자: 왜 저녁 6시부터 볼 수 있죠?

강초록: 아!

연구자: 남중 할 때가 몇 시인가요?

강초록: 밤 12시

연구자: 이 <자정 위치를 가리키며> 사람의 위치가 12시라는 뜻 인가요?

강초록: 네

연구자: <해돋음의 위치를 가리키며>이 사람의 위치는 몇 시죠?

강초록: 아! 지금 애가 12시라고 했을 때요? 네. 오전 6시

연구자: <정오의 위치를 가리키며> 여기 왔을 때는요?

강초록: 낮 12시

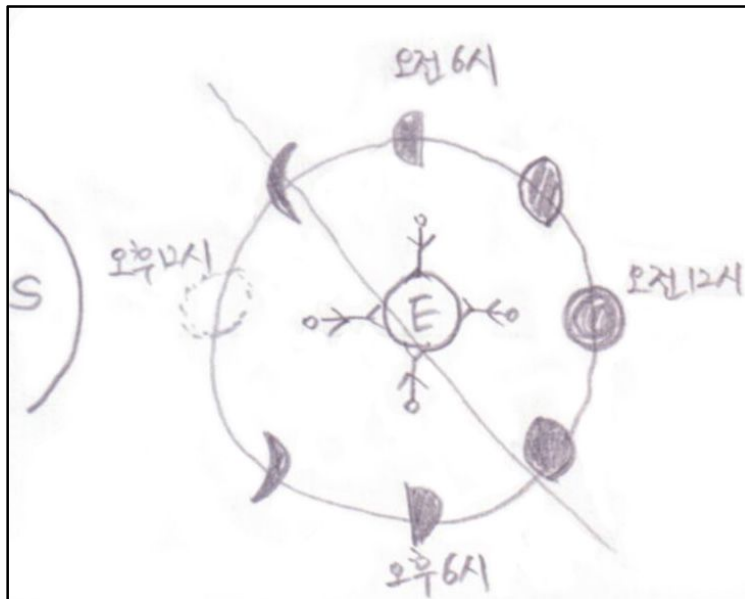
연구자: <해질녘의 위치를 가리키며> 여기 왔을 때는요?

강초록: 오후 6시

연구자: 자 그럼 자전축이 어디 있죠?

강초록: 자전축이요? 여기 <자전축을 원 중심에 점으로 그려 넣으며>이렇게 되요. 아! 네! 어떡해! - 심층면담

약 10주 후에 실시된 평가에서 강초록은 <그림 69>와 같이 달의 위상변화와 위상에 따른 달의 일주 운동을 개념 그리기로 바르게 설명하고 있다. 비록 자전축을 그림 상에 직접적으로 표상하지는 않았지만, 해뜰참, 정오, 해질녘, 자정에 해당하는 관측자의 위치를 지구위에 나타내고 문제해결을 위한 지평선을 표현하였으며 달의 공전 궤도 바깥쪽으로 지구 자전에 따른 시간을 표현하여 간접적으로 강초록이 지구의 자전축을 지구를 나타내는 원의 중심에 두고 있음을 유추할 수 있다. 다만, 형성 모형을 응용하여 해결하는 문제 풀이에 있어서 감점을 받은 요인은 정오와 자정의 시간을 그림에서 보는 바와 같이 반대로 표현함에 따라 그림의 관찰 시간에 오류를 범하게 된다.



<그림 69> 강초록의 지필평가 개념 그리기



## 제 4 절 한차이의 사례

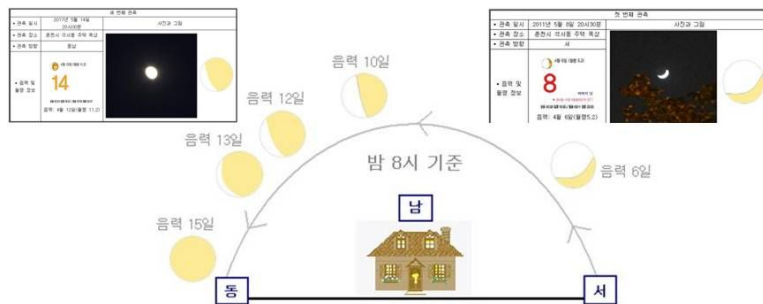
### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 강의와 달 관측을 통한 학습 내용에 대한 이해 증대

환경적 측면에서는 모형 기반 수업으로 구성된 강의에 가장 큰 영향을 받았다. 특히, 기존에 받아왔던 교과서 중심의 수업과는 달리 노란색 반구 활용 활동과 입체 스케일 모형과 같은 수업 자원에 의해 이해가 선행됨으로서 기존 교육에서 단순 암기했기에 지구과학 학습에서 느끼지 못했던 즐거움을 느끼게 된 것이다. 또한, 다양한 시각적 수업 자원들에 의해 학습 한 것이 이해에 도움을 주었다. 즉, 활동과 가시적 모형과 같은 다양한 수업 자원으로 구성된 모형 기반 수업을 통한 이해 증대는 자아 효능감을 향상시켰고 지구과학 교과에 대한 거부감을 감소시키는 반면 흥미는 증가하게 만들어 주게 된다.

**중고등학교 때 천문에 관한 지구과학 수업이 가장 아쉬움. 일체의 자료나 모형 없이 교과서로만 이루어져 이해하기 어려웠다. (하지만) 대학 수업에서 배운 수업 방식은 천문에 대해 이해하기 쉽게 진행되어 가장 기억에 남는다. -강의 피드백**

이러한 이해를 기반으로 한 흥미의 상승은 <그림 70>과 같이 달 관측 과제 수행에서도 확인할 수 있다.



<그림 70> 한차이의 달 관측 보고서의 일부

달 관측을 통해 눈앞에서 달을 그리며 그 현상과 원인을 선명하게 시각화할 수 있었고 동시에 관측의 어려움을 깨닫게 되면서 관측 관련 과정 지식을 습득하였다. 한차이는 달 관측을 하면서 어려움에 봉착하기도 하였지만, 그 어려움을 극복하고 과정 지식을 습득하는 과정에서 자아 효능감이 한 층 더 상승하고 달 관측에 대한 흥미가 상승하게 된다. 한차이는 동행 설명을 통하여 전시물에 대한 이해가 증가함으로써 지구과학에서 재미와 관심 있는 내용들이 존재함을 인식하고 있다.

눈앞에서 달을 그리며 그 현상과 원인을 선명하게 시각화할 수 있게 되었다. ... (중략) ... 실제로 관측을 진행하면서 여러 가지 어려움에 봉착하게 되었고 그 과정에서 새로이 얻게 된 지식도 많았다. - 과제

#### 나. 이해를 통해 지구과학에서 재미와 관심 있는 내용들을 인식

자아 효능감이 상승함에 따라 지구과학에서 다루는 내용들에 흥미 요소들을 발견하게 되어 지구과학에 대한 흥미가 초기 모형보다 증가하게 된다.

이번 학기 지구과학 강의를 통해서 그 두려움을 정말 많이 극복할 수 있었습니다. 지금 생각해보니 과학에 대한 두려움은 제대로 된 이해가 전제되지 않은 학습 때문이었습니다. 중학교 때부터 지금까지 항상 일방적인 주입식 수업으로 과학 수업을 들어왔고, 단순 암기로 과학을 이해하려고 했습니다. 그러다보니 과학은 항상 어렵고 이해하기 힘든 과목으로 느껴졌습니다. 그러나 이번 강의를 통해서 지구과학에 대해 제대로 이해할 수 있게 되면서 지구과학에 대해 그간 전혀 느낄 수 없었던 재미와 흥미를 느끼게 되었습니다. - E-mail

특히, 강의 중에 보여주었던 다양한 수업 자원들에 호감을 가지게 되는데 <그림 72>의 우측에 나타난 자기 교수 이미지에서도 강의 중에 제시된 바가지 (노란색 반구) 활용 활동과 입체 스케일 모형과 같은 수업 자원이 그대로 등장하여 활동을 통한 이해를 바탕으로 학습 내용을 재미있는 내용으로 인식하고 있다. 또한 과제인 달 관측과 과학관 방문을 하면서도 재미있고 관심 있는 내용들이 있음을 발견하게 된다.

가장 인상 깊었던 것은 전통 해시계 양부일구였다. 직접 양부일구를 볼 수 있을 뿐만 아니라 조명을 이용해 그 이용 방법과 원리까지 알 수 있게 해 놓은 점이 특히 마음에 들었다. -과제

<그림 71>와 같이 DASTT-C를 통하여 나타난 교사상은 지구과학 대학 수업과 참관 실습에서 경험을 바탕으로 학생들이 체험하거나 눈으로 직접 볼 수 있는 시각적 경험을 바탕으로 하는 교수법이 자기 교수 이미지로 표상되었다. 이러한 교수법의 고민은 자신의 과거 학교 학습에 대한 반향심리로 형성된 것으로 교과서 위주의 텍스트 중심의 교육에 의하여 이해하지 못하고 외우기만 했기에 자아 효능감을 높여주지 못하지만, 직접 눈으로 보는 시각적 경험과 체험을 통한 이해를 예비교사로서 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다. 특히 지구과학에서는 달의 위상 변화와 같은 현상을 그림과 같은 평면적 시각적 경험이 아닌, 노란색 반구 활용 활동과 같은 체험이나 실제 달 관측을 수행하는 경험이 훨씬 학습 내용을 이해하는데 효과적이라고 생각하고 있다.



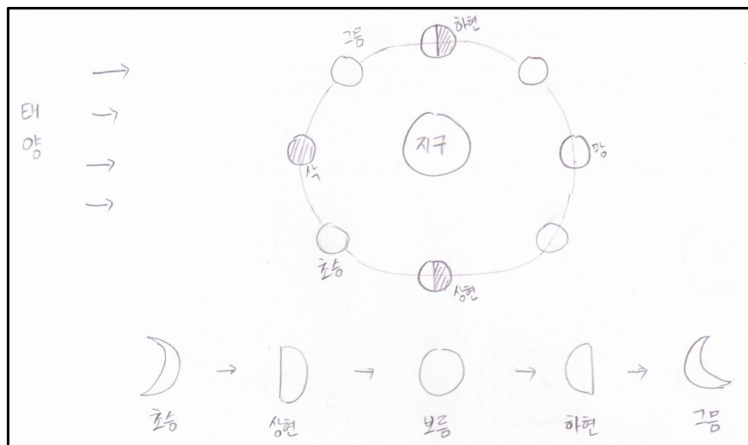
## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

스케일에 관한 형성 모형은 지구가 달의 크기에 약 3배 정도로 묘사하여 초기 모형에 비해서는 실제 비율에 가깝게 형성되었으나 태양은 달과 지구와 함께 묘사하기 어려워하여 일부만을 표현하고 있으며 실제 태양의 크기를 실제의 비율대로 그리기로 묘사하기에 어려워 보인다. 그래서 아직 태양의 크기에 대해서는 정확한 스케일 모형을 지녔는지는 확인되지는 않지만, 이미 초기 모형에서도 태양의 크기를 다시 그렸을 때 70배로 생각하고 있기에 이 정도의 스케일은 달의 위상 변화를 설명하는 데에는 문제가 되지 않는 것으로 보인다.

### 나. 달의 위상 변화

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 73>이다. 초기 모형과의 가장 큰 차이점은 달의 공전 궤도 상의 달의 위치가 초기에 4개에서 8개로 증가하였고 이 중 상현과 하현 그리고 삭과 망의 위치에서는 궤도 상에 위상을 표시하였고, 나머지 위치는 궤도상에서는 표현하지 못하였다. 다만, 그림의 하단부에 별도로 초승부터 그믐까지 달의 위상을 표현하였다.



<그림 72> 한차이의 달의 위상 변화 개념 그리기-형성

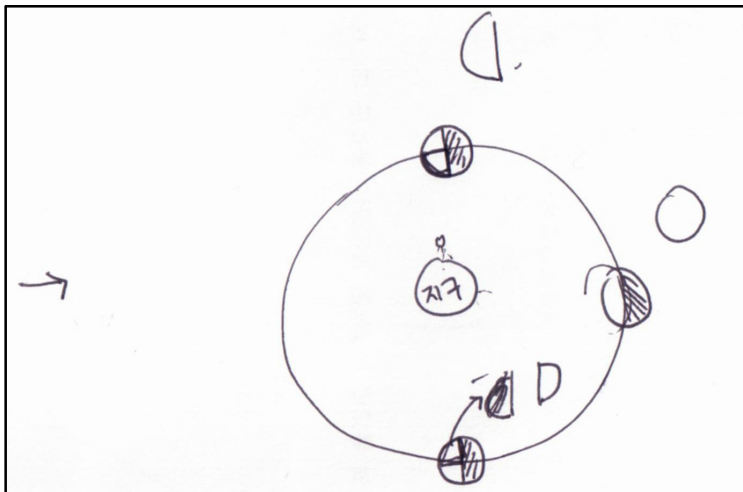
### 달의 밝은 부분과 어두운 부분

개념 그리기에 각각의 위상이 관찰되는 이유가 나타나지 않아 광학적 개념 모형을 확인하기 위하여 추가로 그리기를 수행하면서 설명하도록 요구하였다.

연구자: 하현은요?

한차이: 여기 이 부분은 빛이 안 닿고요. 그래서 지구에서 관찰할 수 있는 부분은  
여기구요. 지구상에 사람이 있을 때 이 모양으로 관찰할 수 있어요. - 심  
층면담

추가로 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 73>이다. 위상 표현에서 다른 연구 참여자들과 달리 빗금으로 색칠한 부분이 빛이 닿지 않는 어두운 부분이고 흰 색이 빛을 반사하는 것을 의미한다. 상현과 보름 그리고 하현에 있어서 위상을 태양 빛을 반사하는 부분 중 지구에서 관측자가 볼 수 있는 부분을 본 것이라는 것을 정확히 이해하고 있으며 바르게 표현하였다.



<그림 73> 한차이의 달의 위상 변화 추가 개념 그리기

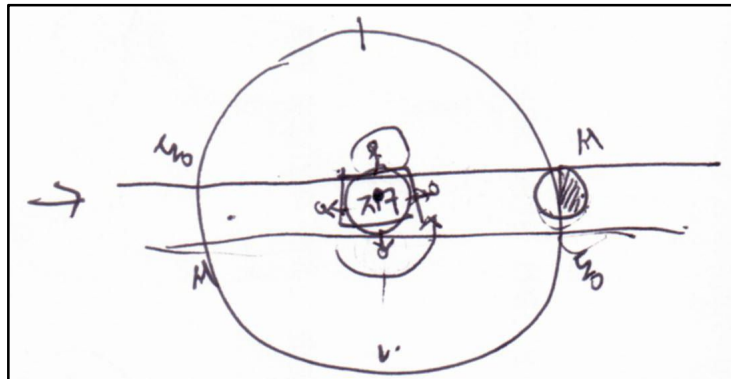
### 땅에서 달의 위상은 보름

초기 모형에서 위상 변화 중 보름을 지구 그림자의 영향으로 제대로 설명하지 못하여 불만족을 지니고 있었다. 하지만, 달의 위상 변화에 관한 형성 모형

에서는 광학적 개념 모형이 바르게 형성되었음을 확인할 수 있다. 또한, 지구와 달의 공전 궤도면이 약 5도 기울어져 있음을 인지하지 못하여 보름의 위상을 설명하지 못했던 초기 모형의 불만족 상황과 불일치 현상도 형성 모형에서는 바르게 형성하여 해결하는 것으로 나타났다.

## 다. 달의 일주 운동

위상 변화 설명을 위한 개념 그리기에는 지구의 자전 개념이 포함되어있지 않았다. 보름달이 언제 어디서 떠서 언제 어디로 지는지에 대한 질문에 대하여 즉석으로 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 74>이다.



<그림 74> 한차이의 보름의 일주 운동 개념 그리기

## 지구의 자전 - 표현된 모형에 바르게 표현된 지구의 자전축

보름달의 일주 운동에 관한 개념 그리기에서 지구 표면에 대표적인 4가지 시간대의 지평선과 관찰자를 표현하고 있다. 그리고 관찰자를 중심으로 하여 천구상의 동쪽과 서쪽의 방위를 표현하였다. 특이한 점은 보름이 뜨고 지는 시간인 해뜰참과 해질녘의 지평선을 확장하여 표현하고 그 확장된 지평선 위에 관찰자 중심의 천구상의 동쪽과 서쪽의 방위를 표시하고 있다는 것이다. 이러한 지평선의 확장은 모형 기반 수업 중에 제공된 표현된 모형은 아님에도 불구하고 자신의 형성 모형을 형성하는 과정에서 달이 뜨고 지는 방향까지도 설명하기를 용이하게 해주기 때문에, 스스로 독창적으로 구성해낸 표현된 모형이다.

또한, 지구의 자전에 대한 개념을 명확하게 형성하게 도와주기도 한다. 그래서 처음 개념 그리기에는 표현되지 않았었던 지구 자전축을 개념의 혼동 없이 기능적 구체 모형에 바로 나타낼 수 있게 된다.

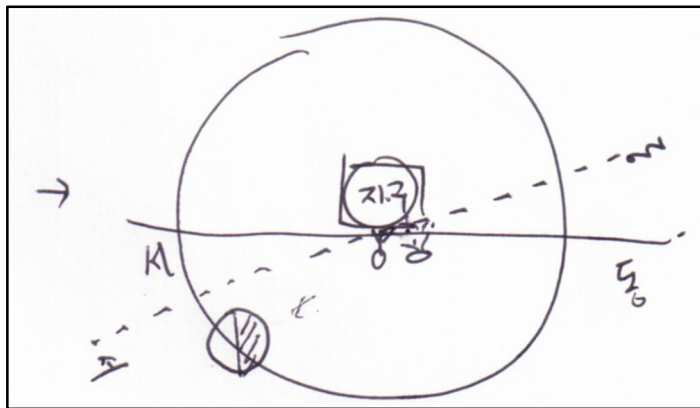
#### <지구 원의 중심에 점을 찍으며> 자전축은 이렇게 위로 중심에 - 심층 면담

#### 지구 자전에 의한 달의 동에서 서로 일주 운동과 관측시간

물론 지표상의 지평선을 공간으로 확대해서 표현하는 것이 하나의 위상의 달을 설명하기 위한 표현된 모형이기 때문에 다른 위상의 일주 운동을 설명하려면 개념 그리기를 다시 수행해야 한다. 하지만, 지평선을 확장하여 표현하는 것이 달의 위상 변화뿐만 아니라 달의 일주 운동을 지구상의 관측자의 입장에서 시간과 방향을 명확하기 이해하는데 훨씬 유리하기 때문에 형성 모형에 포함하고 있는 것이다.

#### 라. 풍성한 모형으로의 진화

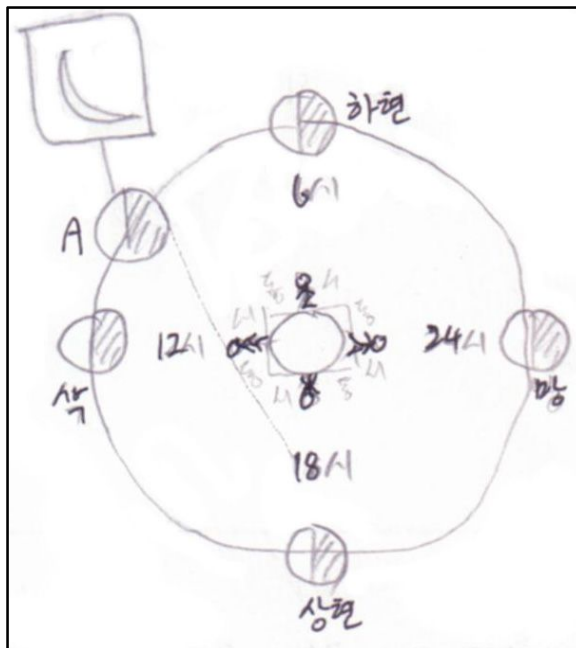
이로서 목표 모형뿐만 아니라, 모형의 형성 과정 중에서 자신만의 표현된 모형까지도 지나게 되어 풍성한 모형을 형성하였음을 확인할 수 있다. 풍성한 모형은 문제 해결 상황에서도 개념을 유연하게 사용할 수 있도록 해준다. 따라서 응용문제에 대하여 <그림 75>와 같은 개념 그리기를 수행하여 해결하였다.



<그림 75> 한차이의 응용문제 해결 개념 그리기

문제에 주어진 위상의 달의 공전 궤도상의 위치를 나타낸 후, 이 위상이 관측자의 시야에 들어 올 수 있도록 점선으로 지평선을 연장하여 표현하였다. 이 관측 시간대의 지평선을 표현하기에 앞서 해질녘에 해당하는 지평선을 직선으로 표현한 후, 동서의 방향을 표현해 놓은 것을 볼 수 있다. 이 지평선을 시간에 따라 15도씩 지구의 자전축을 중심으로 회전시키면서 관측 시간대의 지평선을 점선으로 표현한 것이다. 그래서 지구를 나타내는 원의 중심에 점을 찍어 지구의 자전축을 표현하고 있다.

약 10주 후에 실시된 평가에서 <그림 76>과 같이 동일한 패턴의 표현된 모형의 사용으로 달의 위상변화와 위상에 따른 달의 일주 운동을 개념 그리기로 바르게 설명하고 있다.



<그림 76> 한차이의 지필평가 개념 그리기



## 제 5 절 전수경의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 강의로 이해되어 관심 증가한 반면 직접 관찰 안 돼 어려움

환경적 측면에서는 모형 기반 수업으로 구성된 강의에 가장 큰 영향을 받았다. 특히, 과거에 전학으로 인하여 수업 결손이 발생한 천문 분야 학습에서 혼자만의 공부가 아닌 수업 중 교수와의 상호작용과 수업 후 친구들과의 공부를 통하여 이해가 증대된 것이 자아 효능감 상승으로 이어진 것으로 보인다. 그래서 새로운 것에 대한 걱정이 줄어드는 반면 이해하는 기쁨을 통해 관심도 증가하게 되어 초기 모형에 비하여 높아진 동기를 형성하게 된다. 특히, 지구과학 분야 중 천문학 영역은 달 관측 과제를 통하여 수업 중에 배웠던 달의 위상 변화를 직접 눈으로 관찰하면서 이해한 것에 도움을 받았으며 지구과학 교과에 대한 거부감이 줄어들고 흥미를 느끼게 된다. 하지만 여전히 자신이 알고 있는 지식과 현실이 정확하게 연결되지 않아 다른 교과에 비하여 여전히 어려움을 느끼고 있다.

수업을 통해서 백지상태였던 지구과학을 어떻게든 칠하고 채우고 보니까 시간을 투자하고 아는 기쁨을 알게 된 만큼 관심도 가져지게 된 거 같아요. 새로운 내용에 대한 막연한 걱정도 줄어 든 거 같아요. (반면, 여전히) 다른 교과보다 이해가 덜 가고 두 세 번 들어야 그제야 겨우 아~ 하는 경우가 다반사이기 때문에 제 능력 문제라 하더라도 어렵게 느껴집니다. -심층 면담

지금도 달을 보면 그저 막연하게 신기해요. 지식적으로는 전 세계에서 지금 내가 보는 달을 똑같이 보고 있겠구나! (반면, 위상 변화를)알고 있지만 눈에 쉽게 보여 설명할 수 있는 부분이 아니기 때문에 지식적 내용이 현실에서 와 닿지 않고 지식은 지식! 눈에 보이는 건 보이는 거! 분리돼서 머릿속에서 따로 논다고 해야 하나요. -심층 면담

이러한 이해를 기반으로 한 자아 효능감 상승은 영상물 과제 수행을 통해서

도 흥미 상승으로 연결되고 있음을 확인할 수 있다. 특히 사실을 강조하는 다큐멘터리보다는 재미있게 볼 수 있는 영화에 관심을 더 두고 있는데, 영화 속에 등장하는 달의 위상에 관한 오류를 찾아보는 것을 지도안에 포함시키고 있다.

영화 E.T.의 한 장면에서 영화 속의 날짜는 하루가 흘러간 듯 보이는데 하루 사이에 달의 모양이 그믐달에서 상현달로 바뀌었다. 달의 변화 중 무엇이 잘못 되었는지 발표하도록 한다. -과제

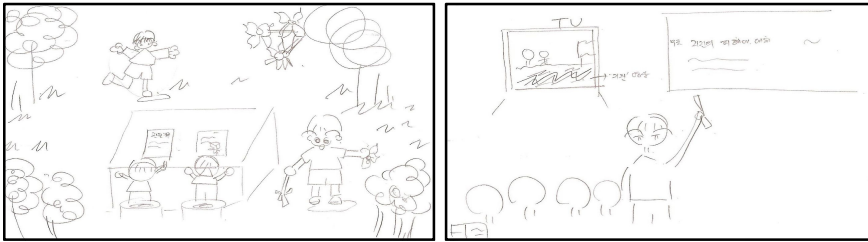
## 나. 지원자로 노력과 집중이 생긴 반면 부담감으로 인한 긴장 유발

지원자로의 참여가 수업에 집중하려는 적극적인 태도로 긍정적인 영향을 준 반면, 처음으로 해보는 활동이 스스로에게 잘 해야 한다는 부담에 의하여 긴장을 유발함으로 수업을 편하게 듣지 못하는 원인이 되어 버리기도 하였다.

수업을 할 때 조금 더 집중하려고 노력했던 거 같아요. (사전 면담을 통해)  
배울 내용을 예상할 수 있고 설문지의 질문의 답을 교수님의 말씀에서 찾으려고 노력했던 거 같아 수업의 초점을 맞추기는 쉬웠던 거 같아요. ...(중략)... (반면)  
생각보다 과하게 긴장한 터라. 꼭 이해해야 한다는 부담과 함께... 편하게 들을 때 보다 이해를 잘 못했던 거 같아요. - 심충 면담

## 다. 참관 실습과 대학 수업 경험으로 교과 특성에 따라 관찰과 영상을 이용한 교수법

<그림 77>과 같이 대학 수업과 참관 실습에서 경험을 바탕으로 학생들이 체험하거나 직접 볼 수 있는 관찰과 영상을 바탕으로 하는 자기 교수 이미지가 표상되었다. 생물은 야외 생태 교실처럼 직접 관찰 가능하기에 이를 이용한 교수법이 가장 적절하다고 생각하고 있는 반면, 지구과학은 직접 볼 수가 없어 영상 자료를 이용하여야 한다고 생각하고 있다. 이러한 교과 이미지는 다른 연구 참여자들의 초기 모형에서 주로 나타났던 것으로 지구과학 학습에 대하여 정의적으로 동기 형성에 부정적 영향을 미칠 수도 있다.



<그림 77> 전수경의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우)

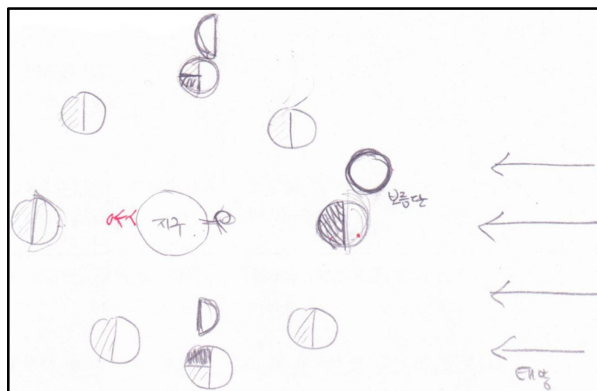
## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

스케일에 관한 형성 모형은 지구가 달의 크기에 약 4배 정도로 묘사하고 있어 초기 모형과 동일하고, 태양의 경우는 처음 보다는 큰 지구 크기에 약 17배 정도로 묘사하고 있다. 그래서 아직 태양의 크기에 대해서는 정확한 스케일 모형을 지니지는 못했지만, 이 정도의 스케일 모형을 지닌 것이 달의 위상 변화를 설명하는 데에는 크게 문제가 되지 않는 것으로 보인다.

### 나. 달의 위상 변화- 1차 면담

달의 위상 변화를 <그림 78> 과 같이 개념 그리기를 수행하였다.



<그림 78> 전수경의 달의 위상 변화 1차 개념 그리기

## 달이 광원이 아님은 인지하였으나 광학적 개념이 제대로 형성되지 못함

위상의 표현에 있어서는 달을 광원으로 생각하는 초기 모형에서 태양빛을 반사하여 그것을 지구상의 관측자가 보는 것으로 모형 진화가 일어났다. 다만, 표현한 모든 위상은 태양빛이 그림 상 오른쪽이 아니라 왼쪽일 때에 성립하는 것이다. 다른 연구 참여자들이 초기 모형에서 주로 나타났던 ‘삭’의 위치와 ‘망’의 위치를 혼동하는 것과 동일하다. 달빛이 태양빛을 반사하는 것임을 알고 있음에도 불구하고 실제의 그리기 표상에서는 잘못된 이해를 표상하고 있다. 이 사실을 스스로 인지하지 못하기 때문에 강의를 수강한 후에 달이 광원이라는 모형은 수정 되었지만, 광학적 개념이 제대로 형성되지는 못하였다.

전수경은 개념 그리기를 이용하여 표현된 모형으로 나타내는 과정에서 자신의 모형과 불일치함을 깨닫게 된다. 이를 통해 달의 위상 변화를 설명하기 위한 광학적 개념 모형을 바르게 형성하게 된다.

연구자: <삭의 위치를 가리키며> 여기가 보름인가요?

전수경: 보름일거 같은데, 여기 사람이 있으면 (달의) 뒤에는 아니고 <달의 앞쪽>을 가리키면> 여기는 다 보이니깐

연구자: <하현의 위치를 가리키며> 여기는 왜 이쪽이 보이죠?

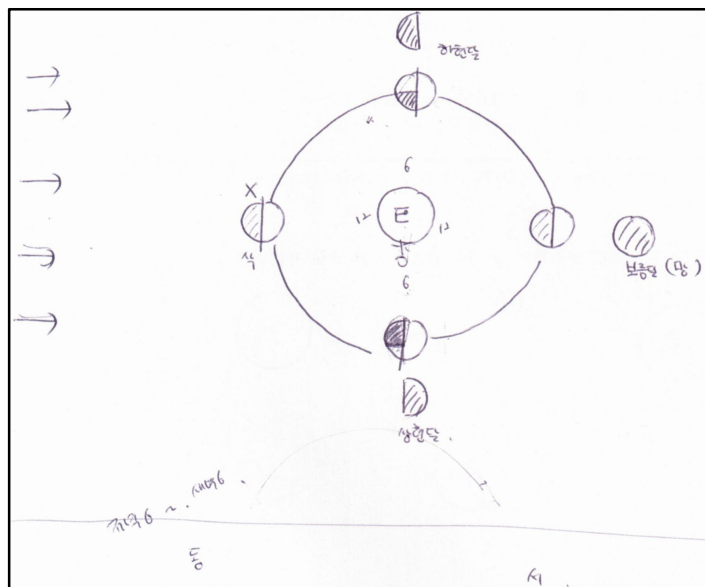
전수경: 어 이쪽 중에서 반쪽이 다 보일 거 같아서 - 심층 면담

수업 전략 중 Part 2의 R7과 TQ7에 의한 ‘망에서 지구의 그림자에 가림’에 멈추어 있음을 알 수 있다. 전수경은 모형 기반 강의를 통하여 위상은 달이 스스로 빛을 내는 것을 관찰자가 보는 것이 아니라 달의 표면이 태양빛을 반사한 부분을 관측자가 보는 것이라는 사실을 깨닫게는 된다. 하지만, 이러한 사실을 달의 위상 변화를 설명하는데 사용하는 표현된 모형에 제대로 적용하여 표현하지 못하고 있다. 즉, 불일치함을 인지하지 못하고 있는 것이다. 여기에는 전수경의 맥락적 요소의 영향도 있는 것으로 보인다. 중·고등학교 시절 해당 부분을 학교에서 배우지 못하고 스스로 문제집의 문제 풀이를 통하여 익혔기 때문에 과학적 사실이나 결과에만 학습이 집중 되었을 뿐 과학적 내용이나 사실이 형성되는 과정과 이해한 지식을 표현하는 것에는 서툴 수밖에 없으며, 과정이

나 표현이 옳고 그림을 문제집은 문제 풀이를 통하여 확인할 수 없기 때문일 것이다. 또 이 부분의 내용을 수업을 통하여 교사와 상호작용하면서 학습하는 것에 익숙하지 못하고 스스로 익히는 것에 익숙하기 때문에 학습 내용을 자신의 것으로 만드는 시간과 노력이 필요한 것으로 보인다. 실제 강의 후 1주일 후의 지연 검사였던 면담 전까지 강의 내용을 다시 살펴볼 기회가 없었다고 한다. 그래서 모형 수정이 일어나지 않은 R8을 간략하게 제공하는 피드백을 수행하였다. 1차면담 종료 일주일 후, 2차면담을 실시하였다.

#### 다. 달의 위상과 달의 일주 운동 - 2차 면담

일주일 후 실시한 2차 면담에서 개념 그리기를 수행한 것이 <그림 79>이다.



<그림 79> 전수경의 달의 위상 변화 2차 개념 그리기

광학적 개념 모형과 망에서 달의 위상은 보름

1차 면담 개념 그리기와의 차이점은 위상의 표현에 있어서 달이 태양 빛을

반사하는 부분은 직선과 빗금으로 달의 공전 궤도 중 지구 쪽을 향하는 부분을 직선으로 표현하고 있다. 그리고 이 두 부분이 겹치는 부분을 이용하여 위상 변화를 표현하고 망에서의 달의 위상도 보름으로 나타내고 있다. 위상 변화의 광학적 개념이 바르게 표현된 모형으로 표상되고 있다

### 지구의 자전 - 표현된 모형에 바르게 표현된 지구의 자전축

전수경의 개념그리기에서 지구의 자전축이 지구를 나타내는 원의 중심에 점으로 표현되어 있고 지구 둘레에 주요 시간대가 표현되어 있음을 통하여 지구의 자전을 정확하게 이해하고 표현 모형으로 사용한 기능적 구체모형에도 정확하게 표현하고 있음을 확인할 수 있다.

### 지구 자전에 의한 달의 동에서 서로 일주 운동과 관측시간

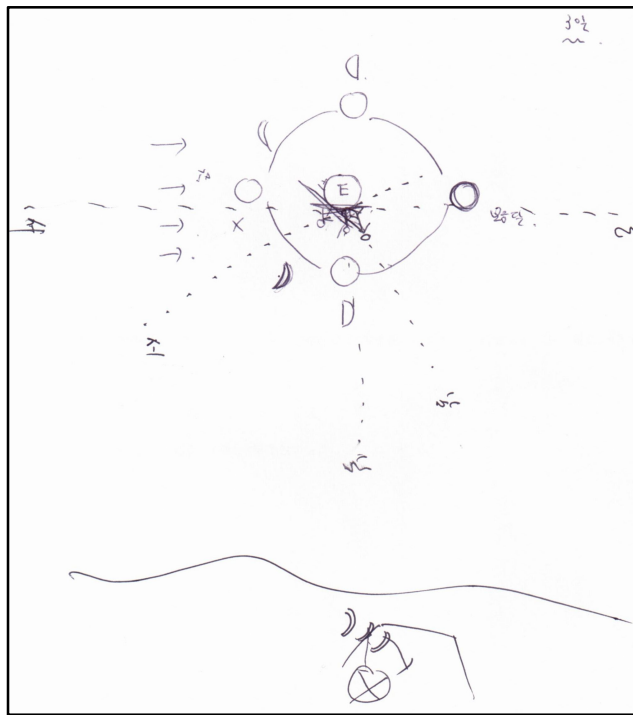
보름달의 일주 운동에 대한 질문에 대해서도 개념 그리기에 표현된 지구 자전에 의한 대표적인 시간 변화를 이용하여 보름달의 뜨고 지는 시간과 천구 상에서 방향을 정확히 대답하였다. 또한, 개념그리기 하단에 관측자 중심의 별도의 지평선을 그리고 달의 일주 운동을 표현하여, ‘지구 그리기 활동’에서 나타났던 일상적 관점의 표현을 나타내고 있는 점이 다른 연구 참여자에게서 발견할 수 없는 전수경만의 독특한 이미지 표상이다.

연구자: 상현이 어떻게 보이는 건가요?

전수경: 여기서 빛이 오면 비추어지는 반쪽. 반쪽이 보이는데. 어 이 반사되는 부분이 반쪽이니깐 이쪽 볼 수 있고 애는 앞쪽만 지구에서 볼 수 있으니깐 사람이 여기 있으면 앞쪽만 볼 수 있어요. - 심층 면담

이로서 목표로 하였던 형성 모형까지 모두 제대로 형성되었음을 확인할 수 있었다. 이렇게 형성된 모형은 문제 해결 상황에서도 <그림 80>과 같이 유연하게 사용할 수 있도록 해준다. 대표적인 4가지 위상을 달의 공전궤도 상에 표현한 뒤, 문제에 주어진 위상의 달의 공전 궤도상의 위치를 나타내었다. 그리고

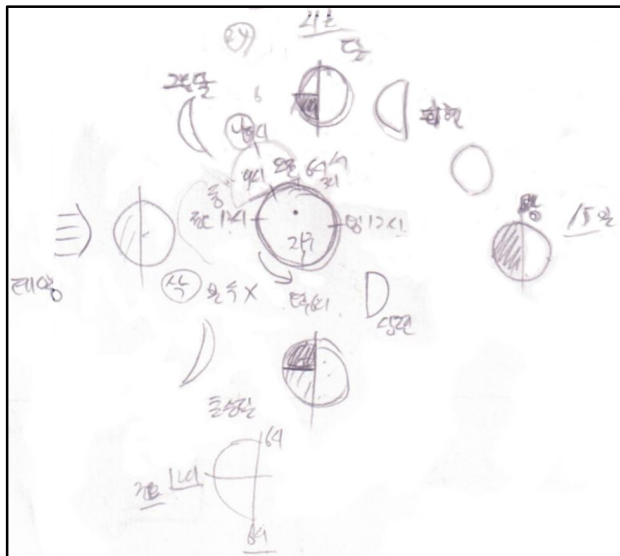
이 위상이 관측자의 시야에 들어 올 수 있도록 점선으로 지평선을 연장하여 표현하였다. 이에 앞서 해질녘에 해당하는 지평선을 점선으로 표현한 후, 동과 서 방향을 표현해 놓은 것을 볼 수 있다. 또한 관찰자의 머리 위로 점선을 표현한 후, 남쪽 방향을 표현해 놓은 것이 이채롭다. 이 지평선을 문제에서 요구하는 초승을 관찰할 수 있는 위치에 따라 15도씩 지구의 자전축을 중심으로 회전시키면서 관측 시간대의 지평선을 점선으로 표현한 것이다. 전수경은 관측자 중심의 동서 방향의 지평선뿐만 아니라 관측자의 머리 위에 해당하는 남쪽의 표현까지 나타내면서 문제를 해결해나가는 역량을 갖추게 된 것이다.



<그림 80> 전수경의 응용문제 해결 개념 그리기

약 10주 후에 실시된 평가에서 <그림 81>과 같이 그믐달의 위상 변화와 일주 운동을 설명하고 있다. 달의 위상을 태양빛의 반사와 지구에서 관찰 가능한

부분의 겹치는 영역으로 표현하고 지구 중심에 나타낸 자전축을 중심으로 자전과 그 방향을 화살표로 표현하고 있다. 또한 지구 원의 둘레에 기존과 달리 오전과 오후를 표현하여 시간을 명확하게 알 수 있도록 하였다. 무엇보다도 한 관측 지점에서 지평선을 그리고 지평선 둘레를 반원으로 천구를 표현한 뒤, 그 천구 상에 동, 서, 그리고 남을 표현함으로써 관측자 중심에서 달이 관찰되는 천구상의 위치를 정확하게 나타내고 있다. 특이한 점은 해결해야 할 위상이 남중하는 시간인 오전 9시의 위치를 반구형 천구로 표현하고 이를 다른 시간 때와 비교하여 “운전자 본 달은 그믐달 이다. ...(중략)... 그리고 볼 수 있는 시간은 해가 뜨기 전까지다. 1시간 정도 관찰할 수 있었으므로 현재 시간은 해가 뜨기 시작하는 시간인 오전 6시다.” 라고 정확하게 기술하고 있다.



<그림 81> 전수경의 지평평가 개념 그리기

특히, 특정 위치의 지평선에 반원으로 천구를 표현하고 각 위상의 남중을 기준으로 관측가능 시간을 계산하는 자신 만의 이해 방법을 표현된 모형에 추가하여 한층 더 풍성한 모형으로 발전시켰다는 점이 눈여겨 볼만 하다.



## 제 6 절 신영화의 사례

### 1. 교과와 교수 이미지

#### 가. 교수의 성향과 교수 방식에 의한 인식의 변화

환경적 측면에서는 모형 기반 수업으로 구성된 강의에 가장 큰 영향을 받았다. 특히, 강의를 진행하는 교수의 측면에서 교수의 성향과 교수 방식에 지구과학에 대한 인식의 전환이 일어난다. 신영화는 자신이 그동안 받아왔던 지구과학 수업과의 교사 중심의 성향과 교수 방식의 차이에 의해 지구과학에 대한 관심과 흥미가 늘어나고 중요한 교과로 생각하는 등의 인식의 변화가 일어났다.

지구과학 수업(강의)을 직접 듣고 나서는 지구과학이 예전보다 쉽게 느껴졌고, ‘이런 식으로도 지구과학 수업을 진행할 수 있겠구나!’ 라는 깨달음도 얻게 되어서 지구과학이 더 좋아졌다. 똑같은 지구과학 과목이라도 교사의 성향과 교수 방식 및 절차에 따라 학생들이 느끼는 인식은 확연히 다를 수 있다고 본다. 이번 학기에 ... 교수님의 수업 방식은 기초부터 차근차근히 이해하는 나의 공부 방식에 잘 부합하였다. 수업 전보다 지구과학에 대한 관심과 흥미가 늘어났고, 지구과학이 중요한 과목이라는 나의 인식 또한 증가했다. 지난 학기의 지구과학 수업이 나에게 미친 수많은 긍정적인 영향의 산물이라고 볼 수 있다. -수업 후 탐색지

이러한 긍정적 인식 변화와 더불어 모형 기반 학습을 통한 학습 내용의 이해 증대는 각각 흥미 상승과 자아 효능감 상승으로 이어지고 있음을 확인할 수 있다. 또한 지원자 활동으로 사전 탐색과 면담을 통하여 오개념을 확인하고 사후 면담으로 학습 상태를 확인한 것이 이해에 도움을 주었다고 보고 있다.

#### 나. 과학관은 훌륭한 학습 공간이고 영상물은 수업 자료로 적합

모형 기반 수업에서의 교사의 성향과 교수 방식을 통하여 학습 내용이 이해가 되면서 자아 효능감이 상승하게 되고 지구과학에 대한 긍정적 인식의 변화가 발생하였다. 신영화는 대체적으로 효과적인 학습에 관심을 두고 있는 데, 이

러한 경향은 과학관 방문과 영상물 과제에서도 그대로 나타나고 있다. 과학관은 풍부한 학습 콘텐츠를 보유하고 있으며 강의와 연장선상에 놓인 학습의 공간으로 인식하고 있다. 한편, 영상물 과제에서도 허구성이 풍부한 영화 속에서도 강의 중에 배운 학습 내용을 연결하는 노력을 하고 있다. 또한 그동안 즐겨 보던 재난 영화에서 자연 재해의 부정적인 면만을 강조해서 인식하고 있었는데, 다큐멘터리를 통하여 이로운 측면도 있음을 인지하고 영화와 더불어 훌륭한 과학 수업 자료로 생각한다.

(과학관은) 풍부한 학습 콘텐츠를 보유하고 있었다. 지구과학의 여러 내용 중에서 특히나 우주에 관한 부분에 가장 흥미가 없었던 터라, 별다른 기대를 하지 않았었는데, 이곳을 둘러보면서 그 동안 알지 못했던 우주에 관한 흥미로운 사실들을 많이 알게 되었다. 우주의 나이와 크기에 놀라기 전에 그것을 연구하여 측정해낸 과학자들의 업적에 더 놀라움을 금치 못했던 것 같다. -과제

#### 다. 참관 실습과 대학 수업 경험으로 관찰과 체험을 강조한 교수법

<그림 82>와 같이 대학 수업과 참관 실습에서 경험을 바탕으로 학생들이 체험하거나 관찰하는 교수법이 자기 교수 이미지로 표상되었다. 가르칠 때는 이해보다는 흥미와 재미를 우선하는 성향을 보여주고 있다. 일단 흥미를 유발해야지 학생들이 과학 수업에 집중하여 학습 내용을 이해할 수 있다고 생각하고 있다. 특히 모형 기반 수업 중 제시되었던 수업 자원들로부터 착안하여 학생들이 직접 만들어보는 수업을 종종 도입할 필요가 있다고 생각하고 있다.



<그림 82> 신영화의 DASTT-C 2차(좌), 3차(우)

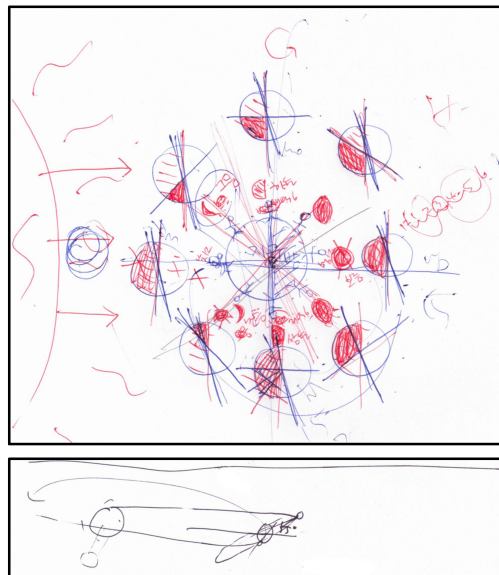
## 2. 달 개념 모형

### 가. 스케일 모형

지구가 달의 크기에 약 4배 정도로 묘사하고 있어 초기 모형에 비하여 상대적으로 작게 표현하면서 실제의 비율에 가까운 스케일 모형이 형성 되었다. 태양의 경우는 표현 공간의 한계 상 일부만을 표현하여 그 크기를 정확히 나타낼 수는 없지만, 달의 위상 변화를 설명하는 데에는 크게 문제가 되지 않는 것으로 보인다. 특이한 점은 지구와 달의 거리를 1로 표현한 뒤, 지구와 태양의 거리를 400으로 나타낸 것이다. 한편, 지구로부터 달까지의 거리에 대해서는 약 23배 떨어진 것으로 표상하였다. 신영화는 연구 참여자들 중 가장 실제 지구와 달의 거리의 비율에 가까운 스케일 모형을 형성하고 있다.

### 나. 달의 위상 변화

달의 위상 변화를 설명하기 위한 개념 그리기는 <그림 83>이다.

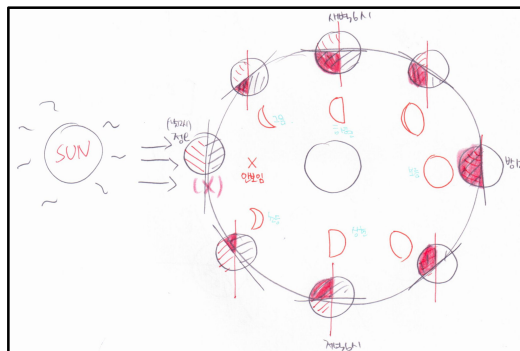


<그림 83> 신영화의 달의 위상 변화 개념  
그리기-형성

가장 독특한 점은 개념그리기에 달의 위상 변화뿐만 아니라 지구 자전에 의한 달의 일주 운동에 따른 관찰자의 위치 변화도 동시에 나타내고 있다. 즉, 지구 표면에 해뜰참, 정오, 해질녘, 자정을 포함하고 그 사이 시간인 3시, 9시, 15시, 21시의 관찰자와 지평선을 모두 표현하고 있다. 그래서 개념그리기가 얼핏 보기에 매우 복잡해 보인다. 또한 상단 그림은 지구와 달의 공전궤도면을 수직 위에서 관찰하여 나타내는 일반적인 표상에다가 하단 그림에 지구와 달의 공전궤도면을 수평으로 표상하여 나타내고 있는 점이 독특하다.

### 달의 밝은 부분과 어두운 부분 (광학적 개념 모형)

신영화는 하나의 개념 그리기에 달의 위상변화와 일주 운동까지 모두 표현한 터라 달의 위상 변화부분만 표현한 것이 <그림 84>이다.



<그림 84> 신영화의 달의 위상 변화 개념  
그리기

위상의 표현에서 달이 태양 빛을 반사하는 부분은 빨간색 빗금으로 표현하고 달의 공전 궤도 중 지구 쪽을 향하는 부분은 검은색 빗금으로 표현하고 있다. 그리고 이 두 부분이 겹치는 것을 이용하여 위상 변화를 표현하고 있다. 반면, 삭의 위치에서는 빨간색 빗금과 검은색 빗금이 서로 교차하는 부분이 없기 때문에, 'X'의 표식을 하고 '안보임'이라고 기술하였다. 그래서 최종적으로 지구에서 보이는 달의 위상을 달의 각 위상별 위치와 지구 사이에 나타내었다. 따라서

달의 위상 변화에 대한 광학적 개념 모형이 바르게 형성된 것으로 보인다.

### 망에서 달의 위상은 보름

초기 모형과의 가장 큰 차이점은 다른 연구 참여자들에게서는 표현되지 않던 지구의 공전궤도와 달의 공전궤도를 개념 그리기 하단에 별도의 그림으로 표현하고 있다. 물론 지구의 공전궤도면과 달의 공전궤도면의 차이는 약 5도라고 강의 중에 학습할 수 있도록 유도하였음에 불구하고 신영화는 개념 그리기에서 지구의 공전궤도면에 대하여 달의 공전궤도면이 55도 기울어져 있는 것으로 표현하고 있기는 하다. 이 부분에 대한 개념이 제대로 형성되지 않았다고 볼 수도 있겠지만, 강의에서 목표로 했던 형성모형에서 지구와 달의 공전궤도면의 내용이 들어간 것은 매 ‘삭’과 ‘망’에서 일식과 월식이 발생하지 않는다는 것을 즉, 보름은 ‘망’의 위치에서 지구의 그림자의 영향을 받지 않는다는 것을 개념으로 형성하기 위함이기 때문에, 두 천체의 궤도면이 일치하지 않는다는 것을 인지하는 것만으로도 형성모형에 도달하였다고 볼 수 있다.

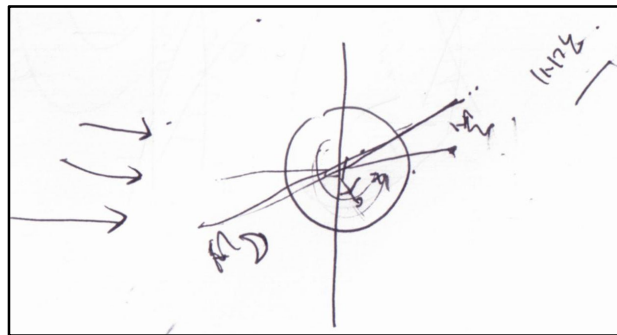
초기 모형에서 스스로를 갈등하게 만들었던 ‘망’의 위치를 지구 그림자의 영향으로 생각하였기에 다른 위상의 달의 모습도 반사에 의해서 형성될 것이라 짐작은 하지만 위상 표현을 개념 그리기로 하지 못했었다. 이는 ‘망’의 위치 외의 달의 위상에서는 반사 모형의 개념 모형을 지니고 있었으나 ‘망’의 위치의 위상을 생각하는데 있어서 그림자 모형과 반사 모형이 불일치하기 때문에 발생하였다. 강의 중에 달의 공전궤도면과 지구의 공전 궤도면이 다르다는 것을 인지하고 그림자 모형을 버림으로써 정확한 광학적 개념 모형이 형성된 것이다.

### 다. 달의 일주 운동

#### 지구의 자전 - 표현된 모형에서 바르게 표현된 지구의 자전축

<그림 83>에서 지구로 표현된 원을 살펴보면, 여러 직선이 지구 중심을 지나고 있으며, 지표 둘레에는 지구 자전을 기준으로 3시간 간격으로 관찰자가 표현되어 있다. 이는 모두 지구의 자전을 나타내는 개념그리기이기 때문에 좀 더

명확하게 신영화가 지니고 있는 지구의 자전에 대한 개념이 달의 위상 변화와 일주 운동을 설명하려는 기능적 구체 모형에서 어떻게 나타나는지를 확인하기 위하여 즉석으로 지구의 자전을 표현하게 하였다. <그림 85>와 같이 정확하게 지구의 중심점에 자전축을 위치하고 있었으며 1시간에 15도씩 자전하는 것도 표현해내고 있다. 특이한 점은 신영화는 관찰자와 지평선을 지구 중심을 관통하는 직선으로 표상하는 점이다. 그리고 그 양 끝단에 정확하게 동쪽과 서쪽을 표현하였다.



<그림 85> 신영화의 지구 자전축 표현

### 지구 자전에 의한 달의 동에서 서로 일주 운동과 관측시간

이어지는 보름달과 상현의 일주 운동에 대한 질문에 대해서도 개념 그리기에 표현된 지구 자전에 의한 대표적인 시간 변화를 이용하여 보름달의 뜨고 지는 시간과 천구 상에서 방향을 정확히 대답하였다.

연구자: 보름이 언제 어디서 떠서 언제 어디로 지는지 설명할 수 있나요?

신영화: <개념 그리기 상에 지구 자전축을 중심으로 지평선을 회전시키면서>보름 달은 저녁 6시에 동쪽하늘에서 뜬 다음에 새벽 6시에 진다.

연구자: 어디에서 떠서 어디로 지죠?

신영화: 동쪽에서 떠서 서쪽으로

연구자: 상현은 어떻게 되죠?

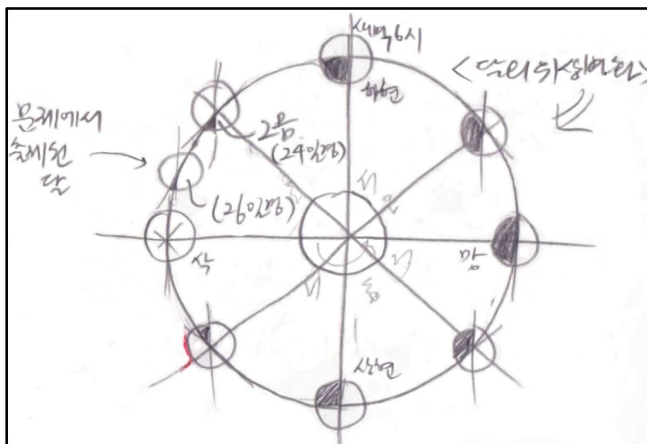
신영화: 하하! 웃기다. <개념 그리기로 나타낸 그림을 집어가며>이렇게 돼서. 여기가 언제지? 정오에 떠서 이렇게 간 다음에 밤 12시에 진다. - 심충면담

## 라. 풍성한 모형으로의 진화

지구 자전에 의한 지구 중심을 지나는 지표면의 표현은 목표 모형뿐만 아니라, 모형의 형성 과정 중에서 자신만의 표현된 모형까지도 지니게 되어 풍성한 모형을 형성하였음을 확인할 수 있었다. 이렇게 형성된 모형은 문제 해결 상황에서도 자신의 개념을 유연하게 사용할 수 있도록 해준다. 그래서 응용문제를 추가로 제시하였다. 별도의 개념 그리기를 다시 수행하지 않고 이미 그려놓았던 개념 그리기로 문제를 해결해갔다. 문제 해결 과정에서 문제의 의미를 정확히 이해하지 못해 다소 어려움을 겪었지만, 자신에게 자문자답하는 과정을 반복하면서 문제를 해결하는 과정을 지켜볼 수 있었다. 결국 문제를 해결하고 스스로도 감탄사를 내뱉으며 성취감을 표출하였다.

지금 그러면 초승달을 정면으로 보면서 걸었으면 그러면. 음. 저게 헛갈리는데, 저거랑. 여기 요즘에 있는데. 초승. 그러면 이거 보면서 한 시간 동안 관찰할 수 있었다고요? 음. 동에서 서로. 맞지 않나? 잠깐만 어떡하지? 이렇게 가니깐 서쪽 하늘에. 아! 그러면 서쪽 능선. 아! 그러하네! - 심충 면담

10주 후에 실시된 평가에서 <그림 86>과 같이 자신만의 표현된 모형을 사용한 형성 모형이 지속되고 있다.



<그림 86> 신영화의 지필평가 개념 그리기

## 제 7 장 통합적 정신 모형 변화에 대한 이해

### 제 1 절 오로라의 사례

#### 1. 통합적 초기 정신 모형 분석

##### 가. 지구는 신비롭기에 흥미로운 대상이나 시각적 자료 없이 교과서 위주로 학습한 학교 교육에 의해 현상을 설명하는 것은 어려움

환경적 측면에서는 중고등학교를 거쳐서 교과서 위주의 전통적 형태의 과학 수업을 받아왔다. 재학했던 고등학교가 비교적 공부를 많이 시키는 학교로 성적과 경쟁을 중요시하는 분위기 속에 주로 시험을 위한 교육을 받았으며 오직 교과 수업을 통해서만 과학을 접하였다.

이러한 환경적 배경에 의해 정의적 측면에서 과학 교과는 재미없고 배우는 것들에 대하여 어렵게 생각하여 흥미와 관심이 없다고 생각하고 있다. 특히 물리 문제는 노력을 해도 해결하지 못했기에 친구들과의 내신 경쟁에서 과학 교과는 장애물일 수밖에 없었다. 또한 본인과의 연관성 여부에 따라 호불호가 명확해지는 성향과도 연관이 있다. 신체와 다이어트와 같이 자신과 연관성이 많은 분야에는 흥미를 느끼지만, 연관성이 없거나 외워야 하는 것들을 매우 싫어하는 성향이 있다. 교과서 위주 수업 탓에 지구과학을 비롯한 과학 교과에 이해 없이 외우는 것으로 생각하는 부정적 인식을 가지게 되었다. 특히, 시험 성적이 잘 나오지 않는 물리교과 탓에 과학을 전반적으로 기피하게 된다.

지구에 대한 인식은 교과서 사진에 제시된 지구 모형과 애니메이션에 의한 시각적 자극이 원인이 된 간접적 시각 경험이 반영된 천문학적 관점(ESU #1, #6)이 드러나고 있다. 지표에서 직접 관찰할 수 없는 지구 외부와 내부를 표상하고 있는 것으로 신비로움의 지구 이미지이다. 마찬가지로, 대기권과 내부의 층상 구조에 대한 내용을 상대적으로 선호하는 경향이 그대로 드러나고 있다(ESU #4). 이와 같이 교과로서의 지구과학은 지구에서 나타나는 현상을 설명하는 것이 어렵기 때문에 학문적 측면에선 생소해하고 있다.

자기 교수 이미지는 시각적 자극을 중요시하는 전통적 교사 중심 이미지가



다. 신체와 연관성이 높다고 생각하는 생물 교과를 상대적으로 선호하는 것도 확인할 수 있고 흥미로운 PPT와 사진을 이용한 수업 전개에도 자신의 성향을 보여주고 있다. 다만 경험한 수업 형태가 전통적인 수업 방법인 한계에 의하여 교수 자료의 제시만 시각적 자료를 사용하였을 뿐 교사 중심 수업 형태의 틀에 갇히게 된다.

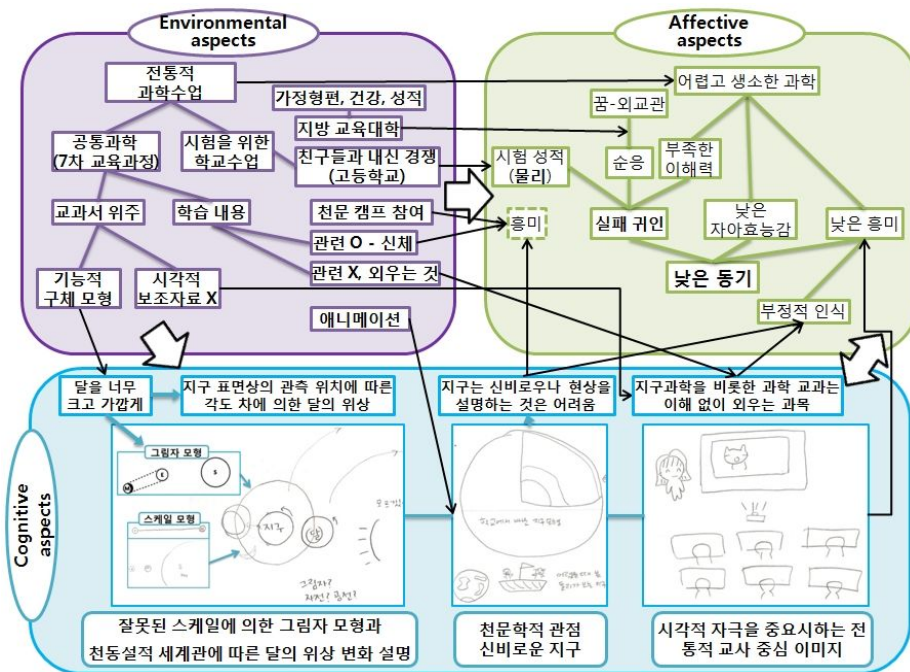
이와 같이 오로라에게 전통적 과학 수업과 친구들과 내신 경쟁을 해야 하는 고등학교의 교육 현실은 과학을 전반적으로 어렵고 생소한 교과로 인식하게 만들었기에 지구과학에 대한 부족한 이해력은 실패 귀인이 된다. 또한 교과로서 어려운 지구과학에 대한 낮은 자아 효능감과 교과 내용을 이해할 수 없어 외워야하기에 발생하는 부정적 인식에 의해 교과로서의 낮은 흥미는 전반적으로 낮은 동기로 작용하게 된다. 하지만, 일상생활에서는 우주와 같은 신비로운 대상에 대한 잠재된 흥미를 지니고 있다. 신비로운 것을 좋아하기에 상상력이 풍부하게 적용된 애니메이션의 영향을 많이 받으며 이와 관련된 기억이 인지 영역에 오랫동안 영향을 미치는 것으로 보인다. 이는 천문학적 관점으로 우주 속의 신비로운 지구를 표상한 지구 그리기와 시각적 자극을 중요시하는 전통적 교사 중심 이미지를 표상한 DASTT-C에서도 일맥상통하게 나타나고 있다.

## 나. 교과서의 기능적 구체 모형에 의해 형성된 그림자 모형과 천동설적 관념에 따른 달의 위상 변화 설명

달의 위상에 관한 개념에서는 교과서의 기능적 구체 모형에 의하여 달은 실제로보다 크게 인지하고 있다. 그래서 광학적으로는 그림자 모형으로 달의 위상 변화를 설명하려고 한다. 지구와 달이 각각 자전 하면서 공전하는 궤도적 운동 모형은 지니고 있으나 달의 자전방향과 공전방향이 서로 반대인 부정확한 개념을 지니고 있다. 결국은 위상 변화가 지구의 그림자, 지구의 자전 그리고 달의 공전과 관련 있음을 짐작은 하지만 서로 어떠한 상호 관계를 지녀 최종적으로 위상을 결정하는지 설명하기에는 자신이 지니고 있는 궤도적 운동 모형을 논리적으로 표상하지를 못하고 있다. 즉, 교과서의 기능적 구체 모형으로 학습하여 지구와 달의 잘못된 스케일 모형이 형성된 영향으로 그림자 모형이 존재하는 것으로 보이기에 달과 지구의 실제 크기 비율대로 만들어진 입체 스케일 모형을 통한 그림자 모형을 소거하는 모형 기반 수업 전략을 제공받아야 한다.

달의 위상 변화 주기에 대하여도 대안적 설명에 그치게 되는데, 이는 궤도적 운동 모형을 지녔음에도 불구하고 위상 변화를 달의 공전보다는 지구 표면상의 관측 위치에 따른 각도 차이로 설명하려고하기 때문이다. 이는 관측자를 고정하고 천체를 움직이려는 전형적인 천동설적 관념의 표상이기에 지구의 자전을 고려하지 않아, 보름으로 보이는 달이더라도 다른 경도에 위치한 관측자에게는 위상이 다르게 보일 것이라는 개념 모형을 지니게 된 것이다. 심층 면담 중에 그림자 모형과 달의 위상 변화 사이에 모순 사실이 있음을 깨닫고 있어, 달의 위상이 달의 햇빛을 반사한 부분과 지구에서 관찰 가능한 달의 앞면의 교집합인 광학적 모형 수립과 달의 공전에 따른 위상 변화를 설명하는 활동이 포함된 모형 기반 수업 전략이 필요하다. 심층 면담을 통하여 개념 모형 중에 불일치하거나 불만족스러운 부분을 깨닫고 스스로 초기 정신 모형을 수정하려는 것으로 보아 모형 진화가 이미 시작되고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 오로라의 통합적 초기 모형은 <그림 87>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 87> 오로라의 통합적 초기 정신 모형

## 2. 통합적 정신 모형의 변화

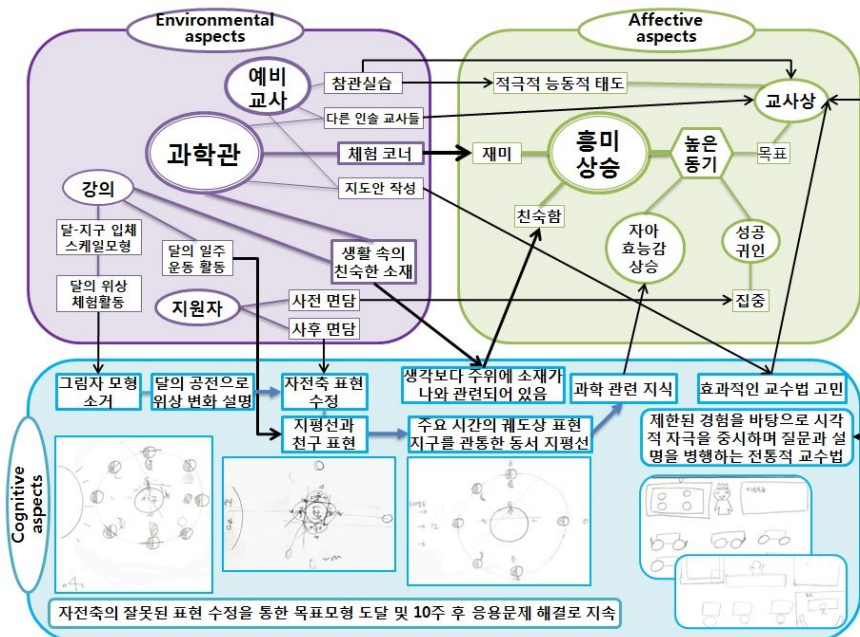
환경적 측면에서는 동행 설명으로 참여한 과학관 방문이 가장 큰 영향을 미쳤다. 과학관에서는 동행 설명에 의한 전시물 관람을 통해 생각보다 주위의 소재가 자신과 관련되어 있음을 인지하여 지구과학에 친숙하게 다가가는 계기가 되고 태풍과 같은 다양한 체험을 통해 재미를 느꼈다. 또한, 아이들을 인솔하고 온 다른 교사들의 행동을 관찰하면서 자신이 추구하는 교사상에 영향을 받았고 관련 지도안 작성을 하면서 효과적인 교수법을 고민하게 된다.

정적 측면에서는 미래의 멋진 아인슈타인이 될 수도 있는 미래의 예비교사들에게 내가 싫어 한다는 이유로 특정 교과를 멀리하도록 가르친다는 것은 진정한 선생님의 자세가 아니라고 생각해서 달라지려고 마음먹은 것과 참관 실습을 통해 내가 못하는 과목이라고 아이들에게 가르쳐주지 않으면 무책임한 선생님이라는 생각이 들었기 때문에 태도의 변화가 생겨난다. 특히 지구과학에 대한 사고와 인식의 전환을 가져온 활동으로 과학관 방문을 꼽았다. 과학관에서 아이들을 따라다니며 어떤 전시물이 인상 깊었고 왜 그랬는지 이유를 물어 보았는데, 자신이 재미를 느낀 것과 아이들의 생각이 어떻게 다른지 궁금해 하는 등 예비교사로서 효과적인 교수법에 대한 고민을 하고 있다. 한편, 지구과학에 대한 이미지의 변화도 생겼다. 자신의 생각보다 주위에 있는 소재들처럼 매우 친숙한 것들이 지구과학의 소재라는 점을 느꼈고, 또 무조건 어렵다는 선입견을 버리고 나니 예전보다 쉽게 느껴지게 된다. 이처럼 지구과학에 대하여 친숙해 짐으로 어려운 이미지가 감소하고 과학관 방문을 통해 재미를 느끼면서 높아진 흥미를 지니게 된다. 또한, 지원자로 사전 면담을 통해 자신이 모르는 부분이나 내용적 이해가 부족한 부분을 깨닫고, 수업 시간에 그 부분에 대해 더욱 집중한 것이 성공 귀인으로 작용한다. 참관 실습을 통하여 살펴본 현장 교사들의 모습과 적극적이고 능동적인 태도의 필요성을 느낀 점과 과학관에서 본 인솔 교사들의 모습을 통한 반성과 더불어 형성된 교사상은 예비교사로의 목표가 된다. 과학관에서 전시물들을 통하여 재미와 더불어 다양한 관련 과학 지식을 습득하고 모형 기반 수업을 통하여 지구과학 지식에 대한 이해 증대로 자아 효능감이 상승하게 된다. 이와 같은 높아진 흥미, 성공 귀인, 목표 그리고 자아 효능감의 상승은 지구과학 정신 모형을 형성하는데 높은 동기로 작용하게 된다.

인지적 측면에서는 달의 위상에 관한 바른 광학적 모형을 나타내고 있다. 하

지만 달의 일주 운동을 지구 자전으로 설명하는 모형은 명확하게 들어나지 않는다. 심층 면담을 통해 표현된 모형 상에 지구의 자전축이 잘못 표상되고 있음을 확인할 수 있었다. 면담 중 모순 질문을 통하여 자전축 표현이 수정되었고 주요 시간대의 지표와 천구를 표현함으로써 목표 모형에 도달하였다. 10주 후에 실시한 평가에서 그리기를 통하여 나타난 정신 모형에서는 3가지 단계를 거쳐 표상하였다. 첫 단계는 문제에 주어진 위상과 지도상의 방위를 확인하고 관측자 중심의 남쪽을 기준으로 천구 상 방향을 확인하였다. 두 번째는 매일 6시 같은 위치에서의 달 관측 결과를 표현하고 주어진 위상과 비교하였다. 마지막으로 대표적 시간 때를 달의 공전 궤도 바깥쪽에 숫자로 기재하고 6시의 관측자를 지구의 일부를 관통한 동서 방향이 표현된 지평선 상에 위치하게 하였고 남중 시간인 9시를 기재하였는데, 이는 직접적으로 표현하지는 않았지만 자전축을 포함한 지구 자전을 올바르게 이해했음을 알 수 있다. 이로써 문제 해결을 통해 올바른 개념 모형을 지닌 목표 모형이 10주 간 지속된 것을 확인하였다.

이와 같은 통합적 정신 모형 변화를 요약하여 나타내면 <그림 88>과 같다.



〈그림 88〉 오로라의 통합적 정신 모형 변화  
 [\*글꼴과 화살표의 굵기는 영향의 정도, 방향은 영향을 의미함]

## 제 2 절 이원리의 사례

### 1. 통합적 초기 정신 모형 분석

#### 가. 원리 적용을 좋아하고 체험에 의한 영향을 많이 받는데 지구과학을 가설이 많고 광범위하며 실생활과 동떨어진 학문이라 생각

환경적 측면에서는 중고등학교를 거쳐서 전통적 형태의 과학 수업을 받아왔다. 수학과 과학을 좋아하나 고등학생 때 수학 성적이 원하는 대로 나오지 않아 문과를 선택하였다. 공통과학 수업에서는 교과서를 읽는 위주로 수업을 하였으며 담당 선생님이 못 가르치신다고 생각하고 있었다.

이러한 환경적 배경에 의해 정의적 측면에서는 외우지 않고 원리를 이용하여 해결하는 물리나 수학은 재밌는 교과라고 생각하지만 문제 해결을 위해 개념을 외워야하기 때문에 지구과학은 상대적으로 싫어한다. 이처럼 지구과학을 교과로서는 선호하지 않고 관련 내용에 대하여 무관심하여 낮은 흥미를 지니게 된다. 또한, 외운 내용을 잊으면 모르기 때문에 낮은 자아 효능감을 지니 부족한 자신감과 능력은 실패 귀인이 된다. 이러한 낮은 흥미, 낮은 자아 효능감 그리고 실패 귀인은 결국 지구과학을 딱딱하게 인식하게 되어 두려움과 거부감을 가지는 낮은 동기의 원인이 된다.

지구에 대한 인식은 천문학적 관점(ESU #1, #6)이 드러나고 있으며 지구과학의 하위계를 구성하고 있는 인간과 인간의 상호작용인 ‘남북문제’라는 사회문제를 표상하고 있다(ESU #4). 사회문화적 시각으로 지구를 바라보는 이미지가 표상되고 있는 것으로 과거 다른 교과의 수업 경험에 의한 것이다. 반면, 과학과 기술 요소가 전혀 표상되지 않고 하위계도 배경으로만 등장할 뿐, 지구과학의 교과의 이미지는 전혀 나타나지 않는 것이 특징이다. 지구과학은 다루고 있는 범위가 넓고 지구와 우주 같은 천문 영역 등을 다루기에 현실이나 생활과 동떨어져 있다고 인지하고 있기 때문이다. 그래서 지구과학에 대해 딱딱하다는 느낌을 가지고 있으며 가설이 많기에 모호해서 매우 어렵기 때문에 관련 내용을 외운 것을 잊어버리면 내용을 모른다고 생각한다.

DASTT-C에서는 체험과 경험을 중시하나 전형적 실험 수업으로 제한된 수업 이미지가 나타나고 있다. 외형적으로는 학생 중심의 수업을 추구하나 교사

의 역할 측면에서 교사의 행동을 학생들이 따라하는 교사 중심의 교육 방식이다. 대부분 교실에서 앉아서 수업한 경험 때문에 지구과학에서 흥미유발로는 시각화된 실험을 해 보는 것이 좋은 수업 방법이라고 생각한다. 다만 지구과학은 직접 체험하기는 어렵기에 간접적으로 화산 실험과 같이 모형을 이용한 실험 수업의 형태를 표상한다. 하지만 직접 체험하는 경우가 없어 여전히 실생활과 동떨어져 있다고 생각한다. 수업에서의 교사의 역할은 실험 과정을 보여주는 시범을 수행하고 학생들은 그 과정을 잘 기억해 두었다가 따라하는 전통적인 교사 중심의 수업 형태의 한계에 부딪히게 된다.

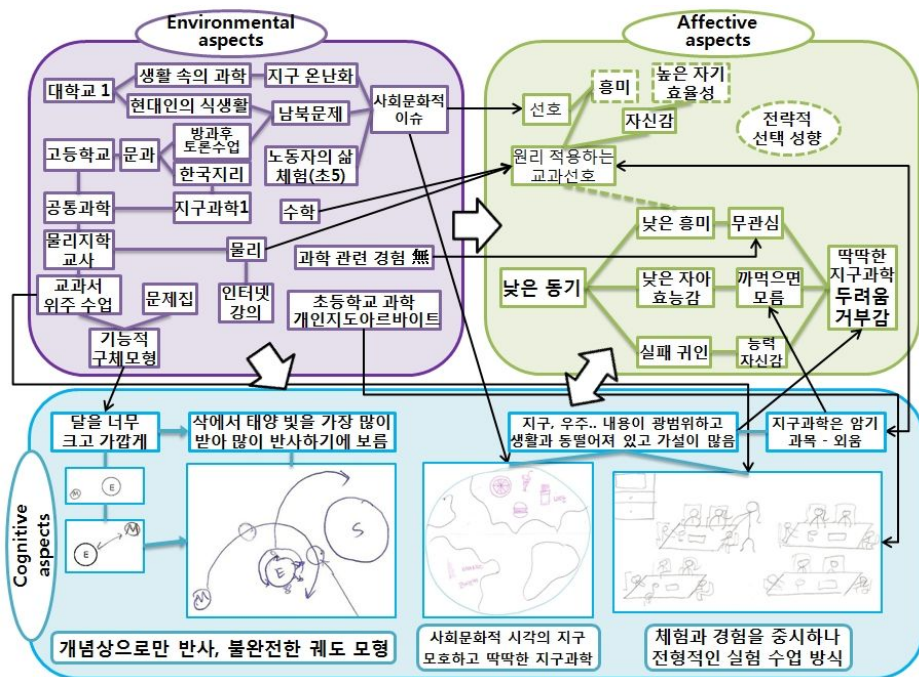
#### 나. 기능적 구체 모형에 의해 오개념이 포함된 반사개념과 천동설적 관념이 표상된 달의 위상 변화

달의 위상에 관한 개념에서는 빛의 직진과 그림자에 대해서는 바른 개념 모형을 지니고 있으나, 7차 교육과정의 교과서와 문제집에 주로 등장하는 평면적인 기능적 구체 모형에 의하여 달은 실제보다 크게 인지하고 있다. 특히, 달이 바로 지구 곁에 가까이 있다고 생각하고 있다. 그래서 달은 스스로 빛을 낼 수 없고 햇빛을 반사한다는 개념상으로는 반사 모형을 가지고 있지만 개념 그리기 상에 지구의 자전과 달의 공전 방향이 지구의 공전 방향과 반대로 나타내는 불완전한 궤도적 운동 모형과 결합되어 개념 그리기에 위상을 작도하여 나타내지 못하게 된다. 따라서 궤도 모형에서 지구와 달의 자전과 공전 방향의 수정에 앞서 반사 모형에 입각하여 정확하게 달의 각각 위상을 작도하는 활동이 제공되어야 한다.

달의 관측시간에 대한 설명에서도 궤도적 운동 모형을 이용하지 못하고 태양과 달의 거리에 따른 월출 시간의 변화로 대안 설명을 시도한다. 그래서 ‘망’의 위치에서가 아니라 ‘삭’에서 달이 태양 빛을 가장 많이 받아서 가장 많이 반사하기 때문에 보름의 위상을 지닌다고 생각한다. 여기서 이원리의 독특한 반사 모형 개념을 유추할 수 가 있었는데, 달의 위상 변화가 궤도적 운동 모형 상에서 태양과 달과 지구의 위치가 아니라, 달을 지구와 너무 가깝게 생각해서 관측자가 지구 표면에서 어느 정도 상에 놓여있느냐에 따라 태양과 달이 이루는 각도가 변하기 때문이라고 생각한다. 또한 관측자 본인을 고정하고 천체를 움직이려는 전형적인 천동설적 관념의 표상이기에 지구의 자전을 고려하지 않은 것

이다. 이로써 바른 광학적 모형을 지니지 못해 달의 공전으로 위상변화를 설명하지 못하고 지구 자전에 의한 일주운동과도 모순이 발생하므로, 달의 위상이 햇빛의 반사와 지구를 향하는 면의 교집합이라는 바른 광학적 모형 수립과 달의 공전에 따른 위상의 변화를 원리를 이용하여 체험할 수 있는 활동이 제공되어야 한다. 그리고 지구 자전에 따른 달의 일주 운동에 대한 체험적 활동도 포함되어야만 한다. 또한, 면담과정에서 상황을 설명함에 있어서 모순 사건이 존재하나 이를 인지하지 못하고 다만, 자신의 초기모형에 대한 불확실성만 인지하고 있기 때문에 모순 사실을 인지할 수 있도록 모형 기반 수업 전략을 제시하여야 한다.

이와 같은 이원리의 통합적 초기 모형은 <그림 89>와 같이 나타낼 수 있다.



<그림 89> 이원리의 통합적 초기 정신 모형

## 2. 통합적 정신 모형의 변화

환경적 측면에서는 강의 중 노란색 반구 활용과 같은 활동이 포함되고 초기 모형에서 출발한 모형 기반 수업에 가장 큰 영향을 받았다. 과제 중 과학관에서는 자연사관에서의 동행 설명과 함께 공통과 같은 관심 있는 부분의 이해가 증가하는 계기가 되었다. 또한 과학관에서 다양한 체험을 할 수 있음에 놀랐다고 한다. 한편, 영상물에서는 지구 온난화의 공통 주제로 자신이 기존에 관심이 많은 사회적 환경적 이슈를 지구과학에서 찾아보는 계기가 된다.

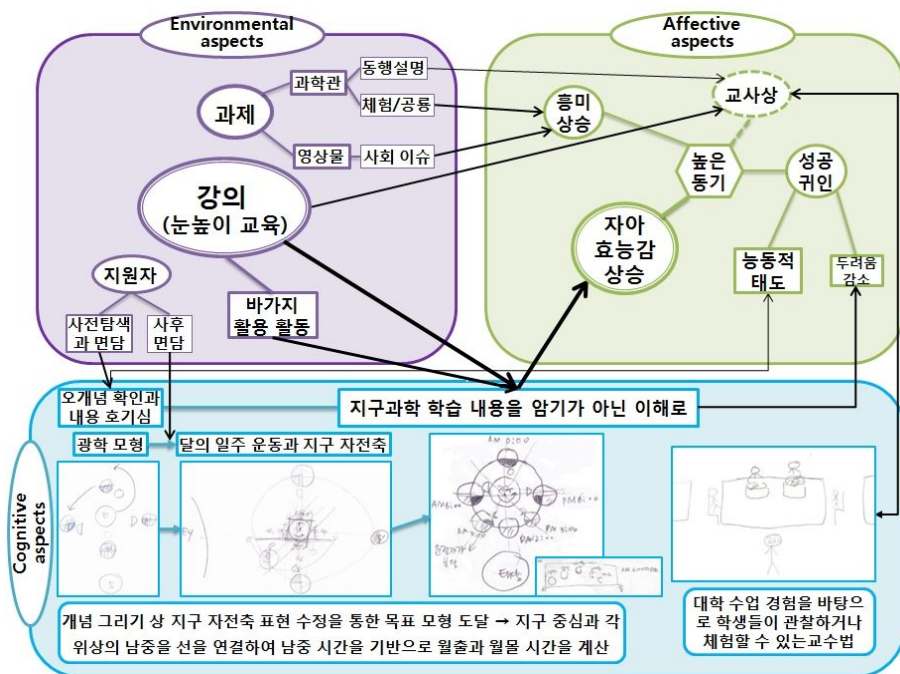
정의적 측면에서는 지구과학에 대한 이미지의 변화가 생겼다. 문과로 가면서 과학에 시간 투자와 노력을 많이 안 하게 되고 이과 친구들에 비해 공부의 깊이도 낮아져서 지구과학을 비롯한 과학에 대한 자신감을 점점 잃어갔기 때문에, 대학에서도 이과 출신 학생들과 같이 과학 관련 수업을 듣는 것이 두렵고 부담이 되었다. 하지만 모형 기반 수업을 하면서 교수가 예비교사들의 모르는 내용을 정확히 알고 그 수준에 맞추어 수업을 해주어 과학에 대한 흥미도 다시 생기게 되었다고 한다. 즉, 지원자들의 초기 모형을 기반으로 한 모형 기반 수업이 이원리의 눈높이에 맞추어 지면서 수업을 통해 지구과학에 대한 거부감 감소로 흥미가 증가하게 된다. 또한, 지원자로 연구에 참여하면서 사전 면담을 통해 자신이 모르는 부분이나 내용적 이해가 부족한 부분을 깨닫고, 모르는 부분에 대한 답을 찾기 위한 궁금함이 수업 내용에 집중할 수 있었다.

이와 같이, 자신의 눈높이와 맞추어진 모형 기반 수업에서의 활동과 과학관 체험 그리고 사회적 이슈를 다룬 영상물 과제를 통한 재미와 관심은 높은 흥미로 작용하였다. 또한, 강의 중 노란색 반구 활용 활동 등의 수업 자원에 의해 학습 내용이 단순 암기가 아닌 이해를 통하여 쉽다고 느껴지면서 지구과학에 대한 긍정적인 인식의 변화도 높은 흥미로 작용하였다. 한편, 지원자로서 사전 탐색과 면담에서 자신의 오개념을 확인하고 창피하긴 했지만 정답에 대한 호기심으로 수업에 집중하는 능동적 태도로 변화하고 지구과학 내용의 이해를 통해 과학 수업에 대한 두려움이 감소한 것이 성공 귀인으로 작용하게 된다.

인지적 측면에서 달의 위상과 변화에 대하여 바른 광학적 개념 모형이 나타나고 있으며 망에서 달의 위상도 보름으로 표상하여 그림자 모형을 수정한 것으로 확인 할 수 있었다. 하지만 지구의 자전에 의한 달의 일주 운동에 대한 모형에는 도달하지 못하고 있었다. 지구의 자전축이 그리기에 표상되지 않고 있어 자전축



표현을 유도하였을 때, 지구를 적도 방향에서 보았을 때 수직선에서 23.5도 기울어져 있는 자전축을 표상하였다. 심층 면담에서 모순 질문과 모순 사실 제시를 통하여 자전축 표현을 수정하여 목표 모형에 도달하였다. 10주 후에 실시한 기말고사에서는 지구 중심과 각 대상 위상의 남중을 직선으로 연장하여 표현하고 이를 기준으로 월출 시간과 월몰 시간을 고려한 뒤, 관측 가능 시간을 살펴보는 독창적인 모형 표상 방식을 보여주었다. 또한 지구의 자전축과 자전 방향을 기능적 구체 모형에 정확하게 나타내어 우주 공간적(space-based) 관점에서 목표 모형에 도달하였음을 확인할 수 있다. 더불어 지표 관찰(earth-based) 관점에서도 오전 6시에 관측 가능한 날짜별 위상의 모습과 공간 위치를 정확히 표상하고 있어 이원리는 관점의 전환도 자유롭게 할 수 있는 수준에 도달한 것으로 보인다. 이와 같은 통합적 정신 모형 변화를 요약하여 나타내면 <그림 90>과 같다.



<그림 90> 이원리의 통합적 정신 모형 변화

[※글꼴과 화살표의 굵기는 영향의 정도, 방향은 영향을 의미함]

## 제 3 절 강초록의 사례

### 1. 통합적 초기 정신 모형 분석

#### 가. 지역적 한계와 비전공 교사 때문에 학습 내용에 대한 불완전한 이해와 궁금함을 해결하지 못해 어렵고 딱딱한 지구과학

환경적 측면에서는 지구과학 전공 교사에게 과학을 배운 적이 없다. 그래서 궁금한 것에 대한 질문에 선생님들조차 명확한 답을 제공해주지 않아 무작정 학습 내용을 외우게 되었다. 중고등학교에서 실험을 통하여 수업한 기억이 없다. 지역적 제약 요인이 많았지만, 부모님과 함께하는 여러 차례의 가족 여행을 통하여 전국 각지의 역사 유물과 생태 현장을 체험하였다. 역사 유물을 통해 근현대사나 고고학 등에 관심을 많이 가지는 계기가 되었으며 순천만과 우포늪 등의 생태 현장에서는 습지의 훼손 등의 생태계 파괴를 인지하게 된다. 이러한 가족 여행을 통해 주로 눈으로 직접 본 경험과 체험을 선호하게 된다. 또한, 수학 전공으로 이과 출신인 부모님의 영향으로 집에 과학 관련 도서가 많았고 어려서부터 주로 인체 관련 그림이 있는 과학 서적을 즐겨보았던 기억을 간직하고 있다. 학교에서도 고등학교 때 과학 선생님께서 뉴턴이라는 과학 잡지를 자주 빌려보았으며, 가정에는 케이블 TV에서 우연히 시청하게 된 동물 학대 관련 다큐멘터리 등에 강한 인상을 가지고 있다.

이러한 환경적 배경에 의해 정의적 측면에서는 눈에 보이는 것과 경험할 수 있는 것에 민감하고 선호하는 특성을 지니고 있다. 지구과학 관련 내용을 체험했다고 느끼지 못하였고 교과로서도 과학을 전반적으로 좋아하지는 않았다. 또한 대상을 이해한 뒤 그것을 외위는 것을 좋아하지만, 물리가 싫어 문과 계열을 선택하게 되었고 물리와 더불어 지구과학과 관계된 것은 직접 눈으로 보거나 체험하기 힘들다고 생각하기에 무관심해져서 낮은 흥미를 지니게 된다.

지구 이미지는 혼재된 관점(ESU #1)으로 인간과 자연의 상호작용(ESU #2)을 공존의 희망을 표상하였으며 이는 다큐멘터리의 영향이다. 천문학적 관점과 일상적 관점이 모두 드러나는 이러한 혼재된 관점에서 과학과 기술(ESU #3)요소가 전혀 표상되지 않고 스케일이 불일치함에도 불구하고 다른 하위계보다도 자신이 중요하게 생각하는 생물권이 강조되어 나타난다. 특히, 동물 학대나 생태계 파괴에 관한 다큐멘터리를 시청한 경험과 가족 여행 중 습지의 훼손을

체험한 영향으로 인간과 생물들이 공존하는 상호작용(ESU #2)의 필요성을 희망적으로 표상한 지구 이미지를 지니고 있다. 교과외의 이미지보다는 자신의 경험과 인식에 의거한 사회문화적 관점의 표상으로 자신이 과학 중 가장 관심 있는 생물 교과와 관련된 주제 표상이기도 하다. 반면, 지구과학 교과의 이미지는 비전공 교사들에게 배워서 내용 이해 없이 외웠기에 어렵고 딱딱하게 느끼고 있다. 그래서 비전공 교사는 실패 귀인이 되고 이로 인한 불완전한 이해는 낮은 자아 효능감을 지니게 한다. 이러한 실패 귀인과 낮은 자아 효능감은 앞서 살펴본 낮은 흥미와 더불어 지구과학 학습에 낮은 동기의 원인이 된다.

자기교수 이미지로는 학생들의 체험과 경험을 통한 강한 자극을 중요시 한다. 내용적으로는 실험 수업에 있어서 교사가 교수-학습의 주체로 실험에 관한 지식의 전달자 역할을 주도하고 있다. 오로지 교사에게만 실험 세트가 제공되어 있어 교사에게 집중을 요구하는 전형적인 시범 실험 수업 이미지를 보여주고 있다. 이를 통해 직·간접적으로 시각적 자극을 통해 체험할 수 있는 것을 이해하기 쉬운 인지 특성을 지닌 것으로 보인다. 여기에는 교실에서 이론 수업만으로 지구과학을 배운 아쉬움으로 화산 분출 모형실험을 구상한 것이다. 여기에 본인의 경우 제대로 배워본 적도 없고 흥미도 없지만 가르칠 학생들은 자신과 똑같은 일을 반복하지 않게 하려는 예비교사로서의 의지도 포함된다. 지구과학 수업에서 눈에 보이지 않아 이해하기 어려웠던 경험을 바탕으로 자기교수 이미지에는 보여주기 식 수업으로 기초부터 차근차근 단계별로 실행하며 학생들의 이해도를 점검해 난이도를 조절 할 것을 희망한다.

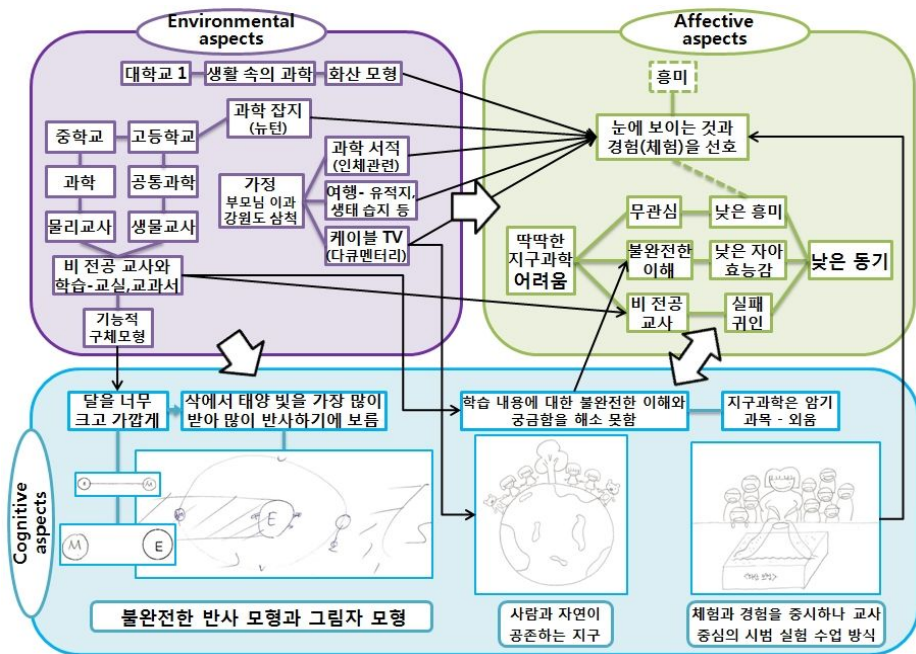
#### 나. 불완전한 반사개념과 그림자 모형의 등장과 천동설적 관념이 표상된 달의 위상 변화

달의 위상 모형에서 달의 크기를 교과서에 제시된 기능적 구체 모형에 의해 지구와 비슷한 크기로 인식하고 지구와 달의 거리는 매우 가깝게 인지하고 있다. 이에 의해 위상은 태양 빛을 받는 면적에 의해 결정되지만 달을 볼 수 있는 조건이 지구와의 가까운 거리 때문이라는 불완전한 반사모형을 지니게 되었다. 비록 궤도적 운동 모형이 등장하지만 태양과 지구는 고정하였고 심지어 달의 삭과 망의 위치가 도치되어 나타난다. 지구에서 관측은 고려하지 않은 채 달에서 반사되는 태양빛만을 고려하였기 때문이고 지구와 달의 공전 궤도가 5도 기

올어져 있음을 고려하지 못해서 그림자 모형이 등장하게 된 것이다. 그래서 햇빛의 반사와 지구를 향하는 면의 교집합이라는 바른 광학적 반사 모형 수립과 지구의 그림자에 가리는 경우는 월식으로 궤도적 운동 모형을 수정하게 하는 수업전략이 필요하다.

위상 변화에 관한 설명에서도 태양과 달이 이루는 각도가 지구 표면에서 어느 정도에 관측자가 위치하느냐에 따라 변화한다는 대안적 설명 모형을 지니게 된다. 이는 관측자 본인을 고정하고 천체를 움직이려는 전형적인 천동설적 관념의 표상이기에 지구의 자전을 고려하지 않아, 보름으로 보이는 달이더라도 다른 정도에 위치하는 관측자에게는 위상이 다르게 보일 것이라는 개념 모형을 지니게 된 것이다. 이러한 개념 모형의 혼돈은 달의 일주운동을 설명하려는 모형에서도 등장하는데, 지구의 자전 현상과 공전 현상을 혼동하고 있다. 기존에 가지고 있던 명확한 명시적 개념과 대안적 설명 모형이 불일치하는 것을 인지하여 인지 갈등이 발생하였기에 초기 모형의 변화가 시작되고 있다.

이와 같은 강조록의 통합적 초기 모형은 <그림 91>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 91> 강조록의 통합적 초기 정신 모형

## 2. 통합적 정신 모형의 변화

환경적 측면에서는 활동적인 수업들의 영향을 많이 받았는데, 특히, 모형 기반 학습 중 노란색 반구 활용한 달의 위상 변화 활동에서 가장 큰 영향을 받았다. 과학관에서는 동행 설명으로 양부일구와 공룡 뼈 화석 같은 전시물에 대한 이해를 통해 재미를 느꼈다고 한다. 한편, 영상물에서는 해양의 환경 문제를 공통 주제로 다루어 강초록이 관심이 많은 사회적 환경 이슈를 지구과학에서 찾아보는 계기가 된다.

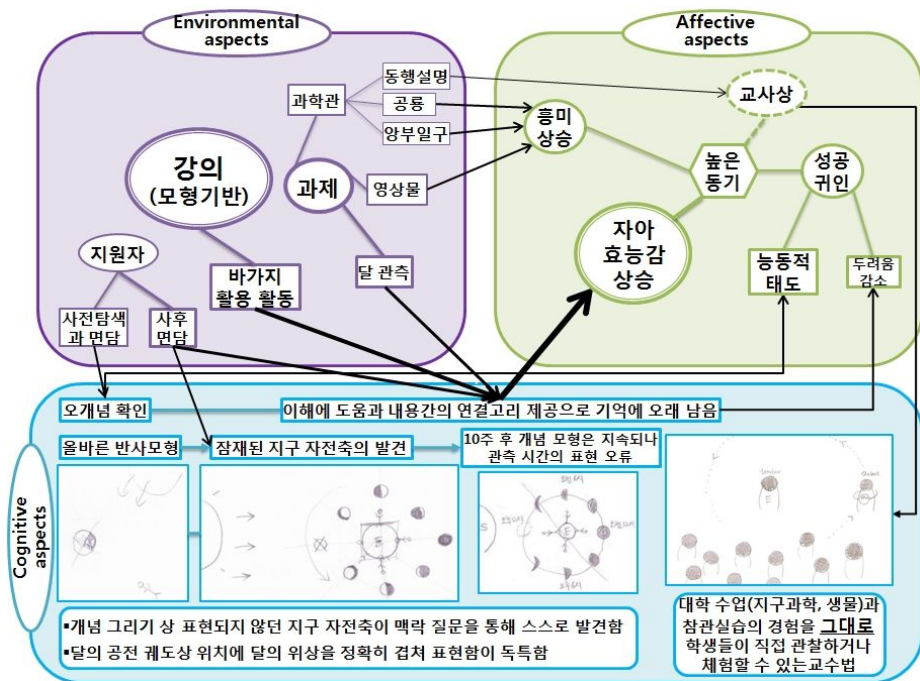
정적 측면에서는 학습 내용 이해에 의하여 지구과학에 대한 거부감이 감소되고 이것이 흥미 증가로 연계되었다. 중고등학교 시절에 비전공 교사에 의해 학습 내용을 이해하지 못하고 궁금한 것을 해결하지 못했기에 지구과학을 어렵다고 생각했었지만 모형 기반 수업으로 진행된 강의를 통해 이해를 하였기에 전체적으로 지구과학을 어렵다고 생각이 완화가 되었다. 즉, 강초록에게 지구과학 학습의 가장 큰 장벽은 내용을 이해하지 못하고 외우는 것이었는데, 모형 기반 학습을 통하여 학습 내용을 이해한 것이 지구과학에 대한 거부감을 감소시키고 상대적으로 흥미를 증가 시키게 된 것이다. 한편, 과제로 수행한 과학관과 영상물에서는 지구과학에서 흥미로운 부분들을 발견하는 계기가 된다. 과학관에서는 공룡과 양부일구가 가장 인상에 남는데, 동행설명을 통하여 직접 눈으로 보면서 이해를 한 것이 흥미를 느끼게 하였다. 그리고 지구과학 중 환경 관련 영상물 과제를 수행하면서도 자신의 기존 관심사인 사회적 환경 이슈와 일치함을 깨닫고 자신의 주변에 있는 다큐멘터리와 같은 영상물에서 재미를 느끼게 된다. 또한, 지원자로 수업 전후 심층 면담을 한 것이 학습 내용 이해를 더욱 증대 시키고 적극적 태도로 수업에 집중하게 해주었다. 특히, 수업 후의 사후 면담을 통하여 내용과 내용간의 연결 고리가 완성되어 이해하는데 큰 도움이 되었다고 강조하고 있다.

이와 같이, 모형 기반 수업을 통한 학습 내용 이해 증대와 공룡과 양부일구와 같은 동행 설명으로 함께한 과학관 체험 그리고 사회적 환경 이슈를 다룬 영상물 과제를 통한 재미와 관심은 지구과학 학습에 대한 높은 흥미로 작용하였다. 특히, 모형 기반 수업에서의 활동적인 수업 자원에 의해 학습 내용의 이해를 통하여 자아 효능감이 상승한 것이 흥미와도 연결되고 있다. 한편, 지원자로서 사전 탐색과 면담에서 자신의 오개념을 확인하고 수정을 위해 수업에 집중하는

능동적 태도로 변화하게 되고 사후 면담을 통해 지구과학 내용들 간의 연결 고리를 만들어 장기 기억함으로써 거부감이 감소한 것이 성공 귀인으로도 작용하게 되었다.

인지적 측면에서 달의 위상에 대하여 바른 광학적 개념을 형성하였고 개념 그리기로 달의 공전 위치에 직접 표현하는 자신만의 방식을 보여주었다. 그리고 심층 면담에서 지구의 자전축이 그리기에 표상되지 않는었지만 지구 자전에 의한 달의 일주 운동에 관한 연구자의 맥락 질문을 통해 자신의 정신 모형 속에 잠재된 자전축을 스스로 발견하고 이를 그리기로 표상하는데 성공하고 감탄한다. 10주 후에 실시한 기말고사에서도 동일한 방식의 그리기 표상으로 달의 위상변화와 일주운동에 대한 개념이 바르게 지속됨을 나타내고 있다. 비록 자전축은 직접 나타내고 있지는 않지만 달의 공전 궤도 바깥쪽에 지구 자전에 따른 관측 시간을 표현함으로써 지구 자전축을 지구의 중심에 두고 있음을 유추할 수 있다.

이와 같은 통합적 정신 모형 변화를 요약하여 나타내면 <그림 92>와 같다.



<그림 92> 강초록의 통합적 정신 모형 변화

[※글꼴과 화살표의 굵기는 영향의 정도, 방향은 영향을 의미함]

## 제 4 절 한차이의 사례

### 1. 통합적 초기 정신 모형 분석

#### 가. 중국 유학 생활을 통해 깨닫게 된 한국의 주입식 교육과 중국의 과학 수업 수준으로 의해 어렵고 두려운 지구과학

환경적 측면으로는 중국에서 초등학교 3학년부터 5학년까지는 한국인 학교와 고등학교 2학년에서 3학년까지는 현지인 학교의 약 5년간의 중국 유학 생활을 한 경험이 있다. 한국에서의 과학은 공통 교육과정 중 중학교 1학년에서 고등학교 1학년까지만 학습하였는데 매우 제한된 수업 방법으로 교과서 위주의 학습을 하였다고 한다. 한국과 중국의 교육을 모두 접하면서 문화적 차이를 크게 느끼고 있다. 특히, 학생들의 자유로운 사고와 활동을 허용하지 않는 한국의 학교 시스템을 확연히 느껴 한국 교육을 주입식 교육으로 받아들이고 있다. 한국의 교사들 역시 교육 방법에서 변화를 추구하지 않는 무기력한 모습에 실망하였다고 한다.

정의적 측면에서는 과학을 싫어하는 것은 아니지만 제한된 수업 경험으로 이해하지 못해 어려운 교과로 인식하고 있다. 중국에서는 한국에 비해 어려운 과학 수준과 과학과 관련해서는 정확한 의사소통이 어려웠기 때문에 학습 내용을 이해하기 어려웠고 한국 학교에서는 교과서 위주의 제한된 수업 방법으로 학습한 것이 원인이다. 이와 같은 어려운 과학에 대한 두려움은 전반적으로 지구과학에서 낮은 자아 효능감과 낮은 흥미에 의해 학습 하는데 낮은 동기가 되었다. 지구에 대한 이미지에서는 간접적인 시각 경험과 직접 적인 시각 경험이 혼재되어 다양한 자연 현상으로 인식하고 있는데, 지구과학 교과에서 학습한 경험을 그대로 표상한 경우이다. 즉, 한차이의 지구 이미지에는 교과로서의 지구과학 이미지가 그대로 반영되었다. 이러한 지구에서 발생하는 다양한 현상에 관해 관심을 지니고 있는 부분은 지구과학에 흥미를 유발할 수 있는 요소로 간주될 수 있다. 하지만 기존의 한국과 중국의 과학 수업에서는 이러한 부분의 자극을 받지 못했기에 동기로 작용하지 못하였다. 한편, 경험한 교사들의 이미지가 변화를 추구하지 않고 노력하지 않는 무기력함을 보였기 때문에 교사에 대해 많은 실망을 했고 열악한 교육환경의 책임을 주로 교사의 역할에 있다고 보고

있다. 교사에 대한 부정적 인식은 과학 학습에 있어서 실패 귀인으로 낮은 동기를 형성하는 원인이 된다. 교사에 대한 부정적 인식이 교수 이미지에 그대로 반영되고 있기에, 본 강의를 통해서 무작정 외우기 식의 기존 과학 공부에서 탈피하여 지구과학 내용 전반에 대한 원리와 내용 등에 대해 명쾌하게 이해할 수 있기를 기대하고 있다. 자기 교수 이미지에 나타난 희망과 더불어 지구과학에 대한 자신의 정의적 영역의 변화를 추구하려는 의지로 보인다.

지구이미지에서 거시에서 미시적 단계로 천문학적 관점과 일상적 관점이 혼재된 관점(ESU #1)이 등장하는데 시각적 경험의 표상보다는 자신이 알고 있는 지구의 하위계의 구성 요소들을 모두 나타내기 위해서이다(ESU #4). 즉, 전형적인 학교 수업에 의해 지구과학을 학습한 내용들을 표상한 것이다. 자기 교수 이미지에서도 나타났듯이, 추상적인 물리나 화학과 달리 지구과학을 눈에 보이는 현상을 다루고 있다고 생각한다. 그래서 학생들의 시각적 자극과 같은 체험을 중시하나 모형을 이용한 설명식 수업으로 제한된 교수 이미지를 지니고 있다. 지구과학은 눈에 보이는 현상들이 많음에도 불구하고 텍스트와 그림으로 구성된 교과서 중심의 전통적 과학수업 경험이 아쉬웠기 때문이다. 그래서 오감을 활용한 수업을 하는 것을 희망하고 있다. 모형을 이용하여 학생들에게 간접 체험을 제공하기는 하나 교사가 시범 수업 형태로 지구본과 달 모형에 손전등을 비추어 보여주며 설명하는 모습이다. 즉, 중립 수업이지만 학생들에게 ‘달의 위상 변화’라는 현상을 모형을 이용하여 시각적으로 체험하게 하되 원리 이해에 중점을 두는 교사 중심에 가까운 교수 이미지를 지니고 있다.

#### 나. 그림자 모형이 섞인 광학적 개념과 천동설적 관념이 표상된 일주 운동

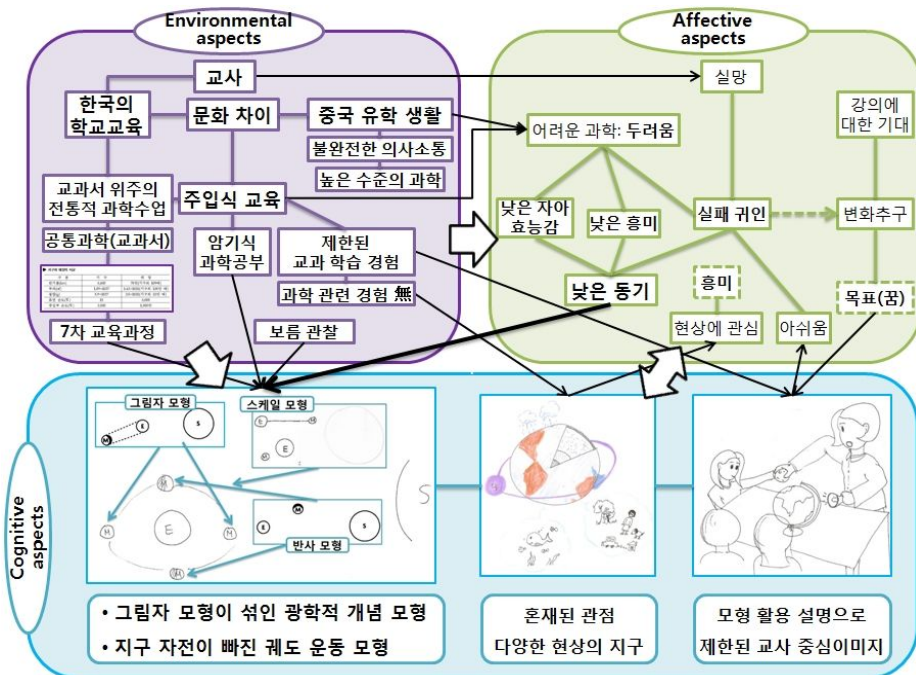
달의 위상 변화 모형에는 달의 공전궤도 상에서 상현과 하현에서는 바른 반사모형을 지니고 있음에도 불구하고 삭과 망에서 그림자 모형이 등장한다. 하지만, 스케일 모형으로는 다른 연구 참여자들과는 달리 달의 크기가 실제 비율과 가장 가까웠다. 그래서 잘못된 스케일 모형에 의해서가 아니라, 지구의 공전궤도와 달의 공전궤도가 5도 기울어져 있다는 입체적 궤도 운동 모형 개념이 구성되어 있지 않아 그림자 모형이 등장하였다. 이러한 오개념은 교과서나 문제집에 등장하는 평면적 기능적 구체 모형에 의해 유발되는 대안개념이다. 따



라서 정확한 광학적 반사모형의 확립과 지구와 달의 공전궤도가 일치할 때와 공간상에서 5도 기울어져 있을 때의 차이를 자기 교수 이미지에 등장한 수업처럼 실물 모형을 이용하여 초기 정신 모형과 모순 사건으로 제시해야 한다.

궤도적 운동 모형을 지니고 있지만, 달의 위상 변화주기와 공전 주기를 연관 짓지는 못하고 있다. 고정된 관측자 중심의 천동설적 달의 일주 운동 개념을 지녔기 때문이다. 지구의 자전에 의한 달의 일주 운동을 고려하지 못하고 있는데, 개념 그리기를 이용하여 설명하는 중에도 자신의 정신 모형에 대한 낮은 자아 효능감을 보여주고 있다. 이는 표상된 그리기와 자신의 정신 모형을 이용하여 상황을 설명하기에 불만족은 있으나 불일치한 부분을 명확히 깨닫지 못하고 있는 것으로, 적절한 모순 사건을 수업 중에 제공해 주어야 한다. 즉, 지구 자전에 의한 일주 운동의 강화와 달의 일주 운동을 천동설적 개념으로 설명하려는 초기 정신 모형과 지구의 자전에 의한 일주 운동으로 설명하는 모형을 서로 경쟁시켜 초기 모형을 거부할 수 있도록 수업 전략을 제공해주어야 한다.

이와 같은 한차이의 통합적 초기 모형은 <그림 93>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 93> 한차이의 통합적 초기 정신 모형

## 2. 통합적 정신 모형의 변화

환경적 측면에서는 강의 중 입체 스케일 모형과 노란색 반구 활동과 같은 수업 자료의 영향을 크게 받았다. 또한, 달 관측을 통해 눈앞에서 달을 그리며 그 현상과 원인을 선명하게 시각화할 수 있었고 동시에 관측의 어려움을 깨닫게 되면서 관측 관련 과정 지식을 습득하였다. 과학관에서는 동행 설명의 영향과 양부일구와 입체적 화석 등의 체험과 같은 체험 중심 전시물의 영향을 받았다.

환경적 영향에 의한 정의적 측면에서는 지원자로 태도의 변화와 학습의 필요성을 인지하여 뚜렷한 동기 함양의 원동력이 되었다. 수업 전 심층 면담이 없었다면 전처럼 수동적으로 수업에 임했을 텐데, 지원자로 참여한 덕분에 적극적이며 능동적인 수업 태도로 변화하였다. 특히, 사전 면담을 통하여 자신의 부족함을 깨닫고 지구과학 학습에 대한 뚜렷한 동기를 가질 수 있게 된다.

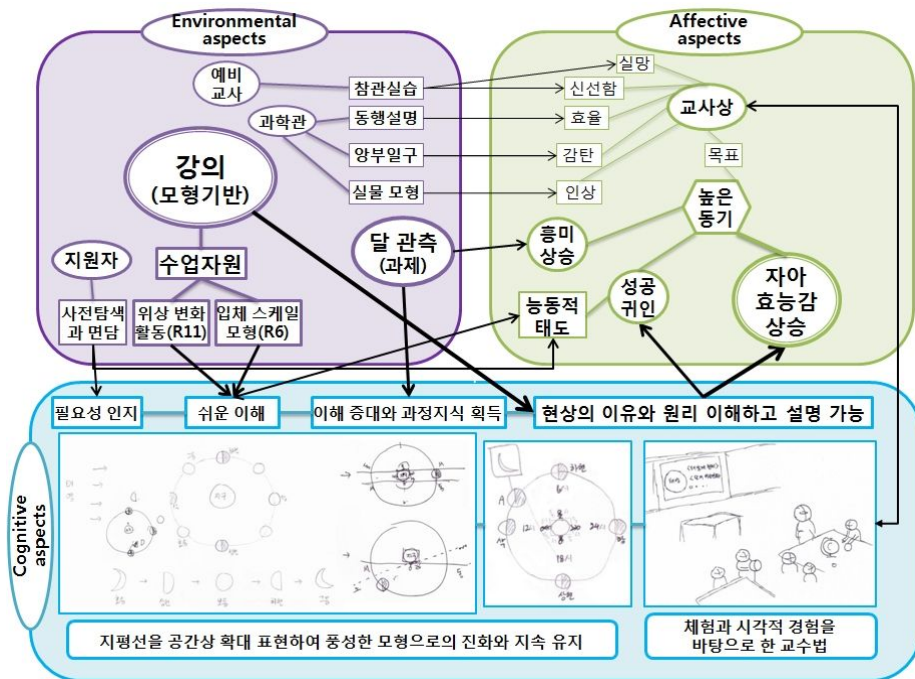
달 관측 과제를 수행하는 과정 중에 교실 수업에서는 습득할 수 없었던 과정 지식들을 획득하게 되고 부족한 점을 깨달아 더 정밀하게 관측하지 못한 아쉬움을 가지게 된다. 동시에 다음 관측에서 이를 해소하고자 하는 목표 설정이 생기게 된다. 달 관측과 모형 기반 수업을 통한 인지적 이해의 증가로 인하여 자아 효능감이 증가하게 된다. 또한, 관측 경험을 바탕으로 달 관측은 매우 효과적이고 각인 효과가 큰 교수·학습 방법으로 생각되기에 예비교사로서 앞으로 이러한 방법을 적극적으로 활용하고자 한다. 과학관 체험을 통해서도 동행 설명이 매우 효율적이라 생각하고 체험이 가능한 양부일구 전시물에 감탄하며 실물 화석과 같은 실물 전시 모형을 인상 깊게 생각한다. 이러한 경험은 참관 실습 중 좋은 교사로 생각되는 현장 교사들에게서의 신선한 느낌과 실망스러운 교사들에게서 느낀 실망감과 함께 자신의 교수 이미지를 형성하는 데 목표로 영향을 미친다.

이와 같이, 달 관측과 강의를 통한 이해 증대와 원리를 이해하고 적용함을 통해 두려움이 감소한 것은 성공 귀인이 되고, 자신감이 늘어 난 것은 자아 효능감을 높여 주게 된다. 또한 달 관측과 과학관 체험을 통해 관심이 증가해서 지구과학에 관한 흥미가 높아졌다. 이러한 성공귀인, 높은 자아 효능감, 높은 흥미와 목표로 인하여 정신 모형 형성에 대해 높은 동기로 작용하게 된다.

인지적 측면에서는 기존 중고등학교 때 천문에 관한 지구과학 수업이 가장 아쉬웠다고 하면서 일체의 추가 자료나 모형 없이 오직 교과서로만 수업이 이

루어져 이해하기 어려웠다고 한다. 그래서 이번 모형 기반 수업은 사물 모형 체험 활동이나 제스처 등의 다양한 수업 자원 제시로 천문에 대해 이해하기 쉽게 진행된 점이 가장 기억에 남는다고 한다. 개념 그리기를 통해 나타난 정신 모형의 특징은 다음과 같다. 달의 위상 표현에서는 색칠한 부분이 빛이 닿지 않는 부분을 표상하고 있고 동서 방향의 지평선을 공간상에 확장하여 표현함으로써 자신 만의 풍성한 모형으로 진화한 것을 보여주고 있다. 이러한 풍성한 모형 속에 지구의 자전으로 달의 일주 운동을 설명하지 못하던 초기 정신 모형과는 달리 지구 자전축을 지구의 중심에 올바르게 표현하고 있다. 10주 후에 시행된 기말고사에서 대표적 시간 때의 지평선을 방향과 함께 나타내고 남중 위치에 시간을 기재하여 지구 자전에 의한 일주 운동을 잠재적으로 나타내고 있으며 관측 위치에선 동서 방향의 지평선을 공간상에 확장하여 표현함으로써 올바른 개념 모형이 지속되고 있음을 보여주었다.

이와 같은 통합적 정신 모형 변화를 요약하여 나타내면 <그림 94>와 같다.



<그림 94> 한차이의 통합적 정신 모형 변화

[※글꼴과 화살표의 굵기는 영향의 정도, 방향은 영향을 의미함]

## 제 5 절 전수경의 사례

### 1. 통합적 초기 정신 모형 분석

#### 가. 잦은 전학에 기인한 학습 기회 상실과 새로운 것에 대한 걱정이 많고 정(情)에 집착하는 성향으로 지구과학에 거부감을 느낌

환경적 측면으로는 지구과학과 관련하여 공통과학만을 학습하였다. 중학교 3학년 때 전학을 하였는데, 달의 위상 변화를 다루는 수업의 결손이 발생했다. 그래서 시험을 위해 문제집 문제 풀이에 의존할 수밖에 없었다. 특이한 환경 배경으로 초·중학교 시절에는 수원지역 내에서 여러 차례 전학을 해야 했다. 감수성이 예민한 시절의 잦은 전학은 전수경을 눈에 띄지 않는 아이로 만들었고 스스로의 성격을 정(情)에 집착하는 시니컬한 성향을 지니게 하였다. 특히, 서울의 강남권으로의 전학 과정에서, 강남과 수원에서 친구들 사이의 분위기와 문화차이로 시니컬한 성향은 더욱 강해졌다.

정의적 측면에서는 과학 중 생물을 제외한 교과들은 눈에 보이지 않아 어렵다고 인식하고 있다. 지구 이미지는 지권과 수권 그리고 지표의 인간과 공존하는 생물계만을 나타내어 마치 풍경화 같은 일상적인 관점(ESU #1)을 나타내고 있다. 이러한 이미지는 가족과의 산행을 통해 느낀 자연의 편안한 쉼터와 같이 환경 문제로부터 자연이 회복되어 인간과 자연의 공존을 희망하는 것이다(ESU #2, 4). 여기서 지구과학 교과와 관련된 표상이 거의 드러나지 않는다. 이는 지구과학이 눈앞에서 보고 이해 할 수 없다고 생각되어 시험을 위해서 무조건 암기해야 해서 가장 싫다고 인식하고 있기 때문이다. 그래서 지구과학에 관계된 내용에 무관심했고 이것이 초기 정신 모형 형성에 있어 낮은 동기로 작용하고 있다. 또한 잦은 전학에 의한 학습 결손으로 교과 학습에 대한 낮은 자아 효능감과 문제 해결에 대한 부족한 능력을 실패 귀인으로 인식하게 된다. 이러한 낮은 자아 효능감과 실패 귀인은 모두 낮은 동기로 작용하게 된다.

자기 교수 이미지는 학생들의 관찰 등의 학생 중심의 수업과 음악 등과의 융합 교과를 추구하나 외형상 전통적인 수업 방식으로 제한되어 있다. 생물 수업의 연상은 동아리와 초등학교 때 교실에서 생물을 관찰한 영향으로, 과학 중 생물이 관찰 가능하기에 가장 친근하고 재밌게 느끼는 것과도 밀접한 관련이 있

다. 고등학교에서 지도해 주신 과학 교사들은 거의 기억하지 못하고 동아리 반 지도교사였던 생물 교사만을 기억하여 잦은 전학에 따른 교사들과의 상호작용이 많이 부족했음을 알 수 있다. 이처럼 과학 교사로부터 받은 특별한 인상도 없고 다른 과학 교과에서는 직접적인 체험을 해보지 못했기 때문에 생물을 관찰하고 학습 내용을 노래와 율동으로 배우는 수업을 표상하게 된다.

환경적으로 잦은 전학에 의해 형성된 시니컬한 성향은 진로와 학과 선정에서도 어김없이 드러나는데, 영어 교과가 좋아 영문학과로 타 대학을 다니다가 진로를 교대로 선택한 것은 아버지의 적극적 권유를 받아들인 부모님에 대한 순종이었지만, 교대에서 미술학과를 선택한 것은 부모님의 국어, 영어, 그리고 수학 등의 주요 교과 선택 권유에 대한 반발심에 의한 반항이었다. 이러한 잦은 전학에서 비롯된 시니컬한 성향은 새로운 것에 대한 막연한 걱정을 유발하고 있다. 그래서 지구과학 강의에 대한 두려움에 지원자로 자발적 참여를 하게 되었지만 면담 초기에는 진심을 감추고 질문에 대하여 경계하는 모습도 보였다. 하지만, 서로 소통을 통해 친해지거나 정(情)을 나누기 시작하면 거침없이 자신의 속내를 보여주었다.

#### 나. 광원 모형의 등장과 지구의 자전을 고려하지 않는 천동설적 관념의 표상

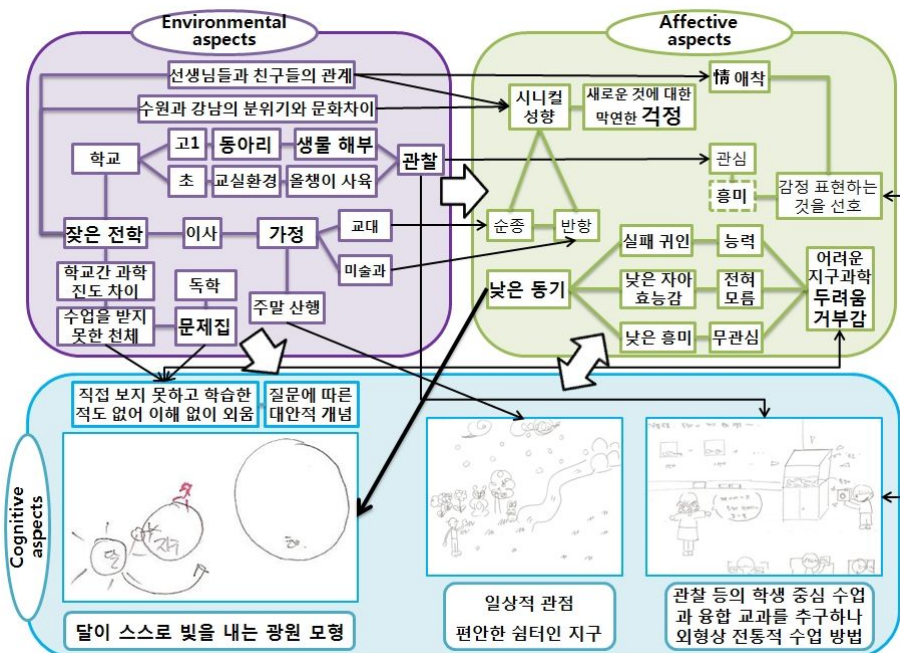
달의 위상에 관한 개념에서는 달빛을 광원으로 보는 독특한 개념 모형이 나타난다. 더욱이 이러한 달빛조차 땅의 위치에서는 태양에 의해 지구 그림자에 가려진다. 스스로 빛을 내는 달빛임에도 불구하고 지구 그림자에 가려져 관측할 수 없다는 그림자 모형을 동시에 지니고 있다. 이는 기본적으로 학교 교육을 통해서 빛과 그림자에 대한 물리적 개념이 제대로 형성되어 있지 않은 것이다.

달과 태양의 스케일 모형은 다른 연구대상자와 달리 교과서가 아니라 주로 문제집 문제 풀이를 통하여 형성되어 있는데, 이 역시 기능적 구체 모형으로 제시되어 있다. 중학교 3학년 때 전학을 통하여 기존 학교와 새로운 학교에서 모두 이 부분에 대한 학교 수업을 받지 못한 채 시험을 위해 문제 풀이 위주의 학습을 한 영향이다. 전수경은 학교 학습의 기회가 없어서 달빛이 햇빛을 반사한 것임을 고려하지 못하기 때문에 수업 중에 반사모형과 경쟁을 시켜 광원모형을 소거하는 수업 전략을 제공해 주어야 한다. 그리고 광원과 반사에 대한 기본적인

인 물리 개념도 정리하여 제시해 줄 필요가 있다.

그래서 달을 공전시키는 궤도적 운동 모형이 등장하나 위상 변화 주기와 달의 공전을 연관 짓지는 못하고 있다. 또한 보름의 위치를 지표면의 관찰자 위치에 따라 다르게 설명하고 있고 지구 자전에 의한 천체 일주 운동 개념이 전혀 정립되어 있지 못하다. 이는 관측자 본인을 고정하고 천체를 움직이려는 전형적인 천동설적 관념의 표상이기에 지구의 자전을 고려하지 않아, 자신에겐 보름으로 보이는 달이더라도 다른 경도에 위치하는 관측자에게는 달의 위상이 다르게 보일 것이라는 개념 모형을 지니게 된 것이다. 심층 면담 중 자신 정신 모형의 모순 사실을 전혀 인지하지 못하고 있기 때문에 인터뷰어의 질문에 따라 매 순간 암시적이며 대안적인 모형을 사용하여 설명하려고 한다. 따라서 적절한 불일치와 불만족한 상황을 명확하게 인지할 수 있도록 수업 전략을 구상하여 제공해 주어야 한다.

이와 같은 전수경의 통합적 초기 모형은 <그림 95>와 같이 나타낼 수 있다.



<그림 95> 전수경의 통합적 초기 정신 모형

## 2. 통합적 정신 모형의 변화

환경적 요소로 모형 기반 학습과 지원자로 참여한 것의 영향을 가장 크게 받았다. 특히, 수업 자원 중 R7과 R8을 통하여 달과 지구의 스케일을 수정하였으며 달 관측 과제와 더불어 달의 위상을 이해하는 데 영향을 미쳤다. 수업 중에 최근 사회적 과학 이슈로 제공해 준 2011년 일본 지진의 영상의 영향을 많이 받아 자신의 삶과는 상관없다는 생각에 거리감을 느꼈던 지구과학이 일상과 관련이 있음을 깨닫는 계기가 된다. 또한 참관 실습 경험을 통하여 예비교사로 과학을 지도함에 있어 자신의 교수법을 고민하게 된다.

정의적 측면에서 지원자로 노력과 집중이 생기고 모형 기반 수업을 통해 인지적 이해 증가로 아는 기쁨을 통해 관심이 증가하였다. 이러한 이해 증가는 지구과학 수업에 대해 높은 흥미를 유발했고 지원자 활동 중 사전 탐색과 심층 면담에서 학습 내용을 예상함으로 수업에 집중할 수 있게 해주었다. 반면, 오히려 지원자로서 수업을 꼭 이해해서 사후 면담을 해야 한다는 부담감으로 인하여 긴장이 유발 되었고 강의를 통하여 어느 정도 인지적 이해가 증가했음에도 불구하고 여전히 지구과학의 대상과 현상들은 직접 관찰되지 않아 현실적으로 와 닿지 않다고 생각한다. 그래서 지구과학에 관한 자기 교수 이미지에서도 주로 영상물을 이용한 수업을 드러내고 있다.

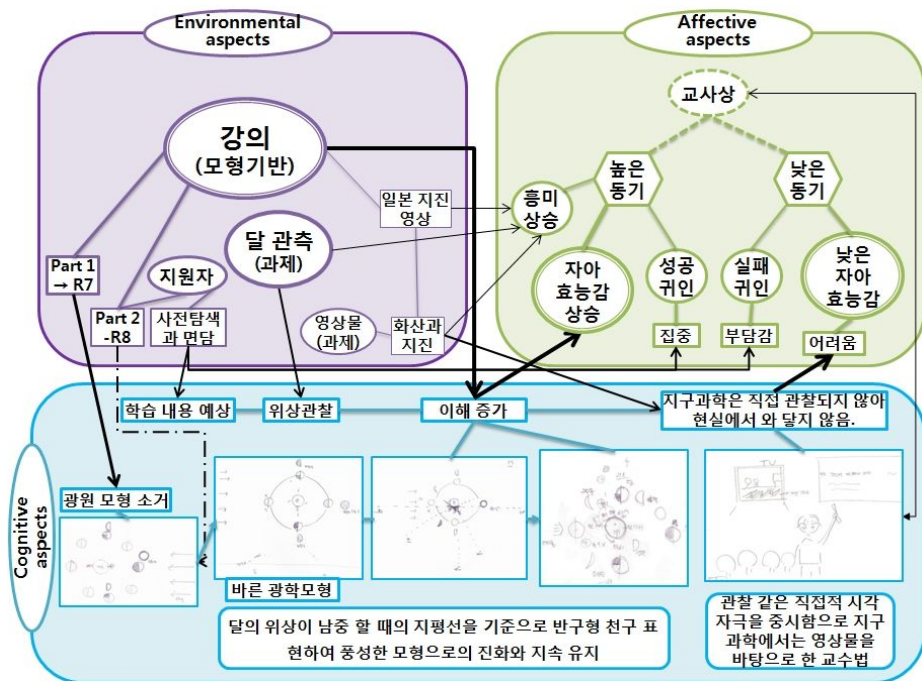
이와 같이, 강의에 의한 이해 증가를 통한 자아 효능감 상승과 달 관측과 영상물에 의한 흥미 상승 그리고 지원자 활동을 통한 수업에의 집중이라는 성공 요인들은 동기를 높여주는데 영향을 미쳤다. 하지만, 여전히 지구과학에 대한 어려운 이미지와 지원자 활동을 통한 부담감은 각각 낮은 자아 효능감과 실패귀인으로 낮은 동기를 지니게 되는 요인으로 작용한다.

인지적 측면에서 초기 모형에서 들어난 광원 모형을 극복하였으나 불완전한 광학 모형을 보여주고 있다. 즉, Part 1의 중간 모형에는 도달하여 달의 위상이 햇빛이 반사된 것이며 동시에 달의 앞면임을 바르게 이해하고 있는 것이 개념 그리기에 드러나고 있다. 하지만, 다른 연구 참여자들의 초기 모형에 등장하였던 그림자 모형이 '삭'의 위치에 나타나는 것은 지구와 달의 공전 궤도가 5도 서로 기울어져 있음을 인지하지 못했기 때문이다. 이는 혼자서 문제집 풀이를 통해 개념 이해를 해왔던 중고등학교 시절의 학습 방식의 습관에 따라 과학적 내용이나 사실이 정신 모형으로 형성되는 과정에 자신만의 학습 시간이 필요했



기 때문이다. 전수경은 모형 기반 학습의 수업 전략 중 part 2의 R8을 이용한 수정모드를 거치는 피드백과 자신이 학습할 시간이 주어져야 목표 모형에 도달할 수 있을 것이다. 그래서 피드백 실시한 뒤 1주일 후 다시 실시한 심층 면담에서는 개념 그리기 상에 지구의 자전축과 시간을 표현하고 일상적 관점의 표현을 함께 사용하며 동서 방향의 지평선과 더불어 남쪽 방향을 표현하고 있다. 이러한 목표 모형의 도달은 10주 후에 실시된 기말고사에서도 달의 위상을 태양빛의 반사와 앞면의 겹치는 영역으로 나타내고 지구 중심의 자전축과 자전 방향을 모두 표현하여 그대로 나타나고 있다. 또한, 지구 표면에 대표적인 4 종류의 시간 때를 나타내고 관측 지점에서의 지평선과 반원의 천구를 표현함으로써 바른 개념 모형의 형성을 보여주고 있다. 특히, 대상 위상의 남중을 기준으로 관측 가능한 시간을 살펴보는 것이 독특한 전수경만의 정신 모형의 표상으로 나타나고 있다.

이와 같은 통합적 정신 모형 변화를 요약하여 나타내면 <그림 96>과 같다.



<그림 96> 전수경의 통합적 정신 모형 변화

[※글꼴과 화살표의 굵기는 영향의 정도, 방향은 영향을 의미함]



## 제 6 절 신영화의 사례

### 1. 통합적 초기 정신 모형 분석

#### 가. SF와 재난 영화처럼 새롭고 충격적인 것들을 선호하지만 문과로의 진로 선택이 수학과 과학 학습에 대한 두려움을 양상

환경적 측면에서는 수학을 싫고 초등학교 교사가 되기 위해서는 문과로 가야 한다는 잘못된 진로 정보로 인하여 문과를 선택했다. 초등교사로 진로 선택한 배경에는 교직과 관련된 가정환경에 기인한다. 문과 계열의 교육과정을 이수한 것이 과학을 선호하는 편임에도 불구하고 성적의 장벽에 부딪혀서 이과 과목이라고 생각하여 겁을 낸다. 공상과학(SF)과 재난 영화를 매우 좋아하는데 태양계와 행성에 관련된 내용을 다루는 영화들을 평소에도 매우 즐겨 보는 편으로 지구과학에 흥미 있는 요소가 있다고 한다.

정의적 측면에서는 재난 영화나 SF 영화에서 다루는 새롭고 충격적인 것들과 신비로운 것들을 선호하기에 지구과학에서 다루는 내용들은 좋아하나 계열간의 장벽으로 인하여 교과로는 두려움이 크다. 그래서 지구과학의 대상은 선호하나 원리의 이해를 필요로 하는 수학과 물리는 어렵고 싫어한다. 이와 같이 문과여서 이과 과목이라 인식한 수학과 물리에 대한 두려움 때문에 지구과학도 교과로서는 어렵다고 생각한다. 즉, 문과였던 것이 가장 큰 실패 귀인으로 간주되고 있다. 또한, 지구과학에서 다루는 대상과 현상은 흥미와 일치하는 하지만 원리를 이용한 문제 해결이 있어 지구과학에 대해서 불완전한 이해를 하고 있다고 생각한다. 그리고 불완전한 이해 때문에 지구과학 학습 내용을 무작정 외웠기에 낮은 자아 효능감을 나타내고 있다. 이와 같은 문과로서의 실패귀인과 낮은 자아 효능감은 지구과학 관련 흥미가 존재함에도 불구하고 낮은 동기로 작용한다. 하지만, 새롭고 충격적인 것들과 신비로운 것들을 선호하는 성향이 흥미 유발 요소로 여전히 남아 있다.

지구 이미지에서는 다채롭고 흥미로운 지구의 모습이 천문학적 관점으로 표상되고 있다(ESU #1). 이 역시 자신이 즐겨보는 SF 영화와 집에 있는 지구본을 본 모습이 투영된 이미지이다. 오존층이 파괴되어 형성된 오존 홀에 의해 지구에 발생하는 문제 혹은 현상을 표상하여 인간이 지구의 하위계에 미친 영향

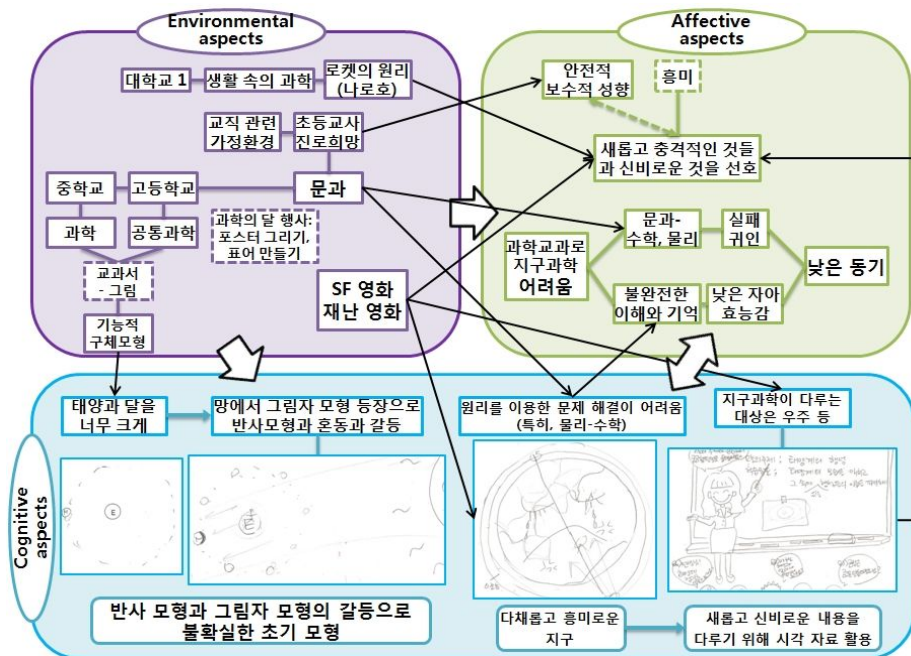
에 의해 태양과 지구간의 상호 작용까지 표상되었다(ESU #2, #3, #6). 연구 참여자 중 과학과 기술이 함께 표상된 유일한 이미지로 재난 영화와 SF 영화를 통한 지구와 지구과학 관련 풍부한 배경 지식과 상상력이 그 기저를 이루고 있다. 또한 유일하게 지구를 의인화하여 오존층 파괴에 의해 발생하는 문제점을 표현함으로써 지구 이미지를 부정적으로 표현하고 있는데, 이 역시 재난 영화의 대부분이 피해와 같은 부정적인 결과를 다루기 때문에 그 영향에 의한 것이다. 따라서 과학과 기술이 표상되었다 하더라도 지구과학 교과보다는 사회문화적 시각에서의 접근이 더 강하게 나타났다고 볼 수 있다. 심층 면담 중 지구 안에서도 내부적으로 재난이 일어나고 온난화로 인해 인간들이 고통 받으면 살아가는 모습 등도 표현하고 싶었다고 말하고 있다. 마찬가지로, 자기 교수 이미지에서도 새롭고 신비로운 내용을 다루는 것을 좋아하는 것이 나타난다. 지구과학 수업은 실험보다는 영상물이나 사진과 같은 것을 보여주는 게 위주가 되어야 한다고 생각하고 학생 중심의 열린 수업을 추구하나 실제로는 교사 중심의 전통적 수업 방식이 표상된다. 이는 강한 인상에 남는 과학이나 지구과학 수업을 경험해 본 적이 없기 때문이다.

#### 나. 기능적 구체 모형의 영향인 그림자 모형과 반사 모형의 갈등으로 불확실한 광학적 모형

달의 위상 모형에서는 빛의 직진과 그림자에 대해 결과적으로 바른 개념 모형으로 보이나 교과서에서 사용된 기능적 구체 모형에 의한 잘못된 크기에 관한 스케일 모형으로 오개념 유발 가능성이 있다. 특히 달의 크기가 지구와 비슷하다고 인지하고 있고 햇빛이 평행하게 들어오는 이유는 태양과 지구와의 거리가 아닌 태양의 크기가 매우 크기 때문이라고 생각하고 있다. 따라서 태양과 지구 그리고 달에 대한 크기와 거리에 대한 스케일 모형 학습이 수업 전략에 포함될 필요가 있다. 위상 변화의 원인은 개념적으로는 ‘달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다.’를 선택하였지만 그림으로 제시된 선택지에서는 그림자 모형을 선택하였다. 이는 개념적으로는 바른 반사 모형을 지니고 있지만, 평면적인 기능적 구체 모형으로 제시되거나 개념 그리기로 표현하여 나타날 때, 망의 위치에서 보름이 반사로 설명되지 못하고 달이 지구의 그림자에 들어오기 때문이다. 심층 면담 중 자신의 관념적 개념 모형과 표현된 모형 사이에서의 불

일치 사실을 인지하기 시작하여 초기 정신 모형의 변화가 시작될 수 있는 인지 갈등이 발생된 모습을 볼 수 있다. 이는 기존의 교과서에 제시된 평면적인 기능적 구체 모형으로는 지구의 공전궤도와 달의 공전궤도가 공간상에서 서로 5도 기울어져 있음을 인지하기 어렵기 때문이다. 따라서 정확한 반사모형의 확립과 지구와 달의 공전궤도가 일치할 때와 5도 기울어져 있을 때의 차이를 평면적인 기능적 구체 모형이 아닌 입체적 궤도 모형이나 공전 궤도 면의 다른 각도(측면)에서의 평면 모형을 이용하여 초기 모형과 모순 사건으로 제시해야 한다. 그래서 망의 위치에서는 일반적으로 보름이며 지구의 그림자가 영향을 미치는 경우에만 월식 현상이 일어나는 수정된 개념 모형을 지닐 수 있도록 수업 전략을 구성해야 한다.

이와 같은 신영화의 통합적 초기 모형은 <그림 97>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 97> 신영화의 통합적 초기 정신 모형

## 2. 통합적 정신 모형의 변화

환경적 측면에서는 강의 중 모형 기반 수업 전략을 사용하는 교수의 수업에 입하는 태도와 열정과 같은 교수의 요인과 각종 수업 자원들을 활용하여 학습 내용 이해를 돕고 흥미를 이끄는 수업 방식에 영향을 가장 크게 받았다. 또한 과학관을 동행 설명을 통해 전시물들과 전시 패널로부터 학습이 일어나서 연구 참여자들 중 유일하게 과학관을 학습의 장으로 인식하고 있다.

이러한 환경적 영향에 의하여 정의적 측면에서는 모형 기반 수업 전략으로 구성된 강의에서 내용의 이해보다는 교수의 강의에 임하는 태도와 다양한 수업 자원을 활용하는 수업 방식에 의하여 지구과학 교과에 대한 중요성을 인식하게 되는 변화가 주요한 역할을 수행한다. 신영화가 그동안 받아왔던 과학 또는 지구과학 수업에서는 경험해 보지 못한 수업 방식과 그 수업을 진행하는 교수의 태도에 의해 초기 정신 모형에서 지녔던 지구과학이라는 교과는 수학과 물리와 함께 이과 과목으로 원리를 이해해서 문제를 해결해야 하는 그저 어렵기만 해 두려우며 문과인 자신에게는 불필요한 교과라는 이미지에서 중요하고 재미있는 교과로 탈바꿈하게 된다. 이러한 지구과학에 대한 인식의 변화는 영상물 과제 수행과 더불어 기존에 지니고 있던 지구과학에 대한 흥미를 더욱 상승시키게 해준다. 또한 지원자로서 사전 탐색과 면담을 통해 자신의 오개념을 확인하고 사후 면담을 통하여 학습 상태를 확인함으로써, 강의에 대한 집중력을 증가시키고 오개념 수정과 내용 학습을 통해 지구과학에 대한 이해가 증대되게 된다. 또한, 지구과학 강의에서의 교수의 태도와 수업 방식의 새로운 경험들은 직접 관찰하거나 체험할 수 있는 교수법을 중심으로 하는 교사상을 형성하게 한다.

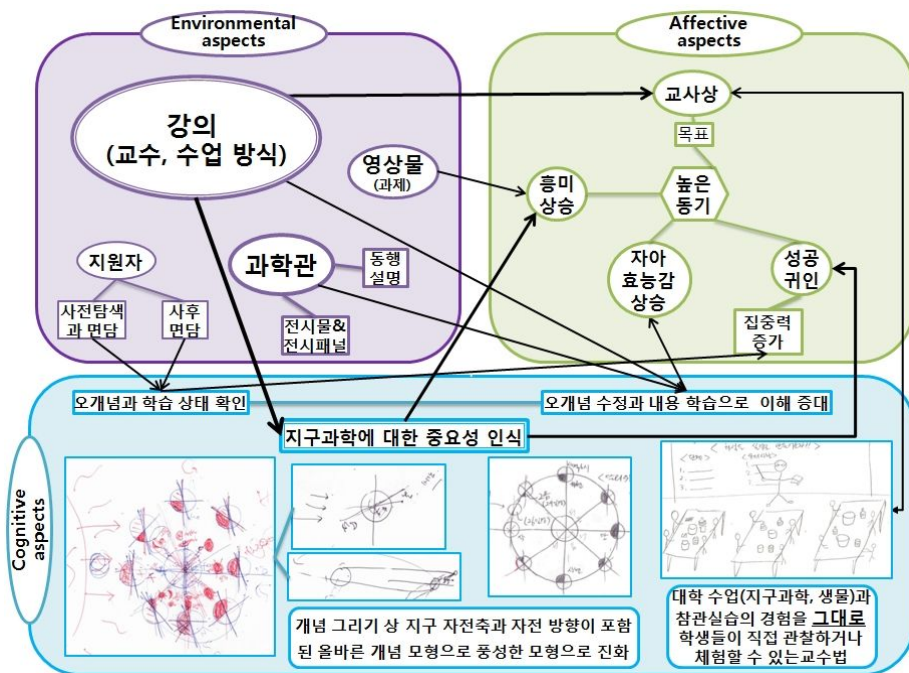
이와 같이, 교수의 태도와 모형 기반 수업 전략에 의해 제시된 다양한 수업 자원을 활용하는 수업 방식을 통한 지구과학에 대한 중요성 인식은 기존에 지니고 있던 흥미를 더욱 상승 시키는 것과 더불어 성공 귀인이 되고, 모형 기반 강의와 더불어 과학관의 동행 설명과 지원자 활동에 의해 학습 내용에 대한 이해 증가로 인하여 자아 효능감이 상승하게 된다. 한편 지원자 활동은 수업 중 집중력을 증가시켜 성공 귀인으로도 작용된다. 그리고 이번 강의를 통해 형성된 신영화의 교사상은 예비교사로서 목표가 된다. 이러한 성공귀인, 높은 자아 효능감, 높은 흥미와 목표로 인하여 정신 모형 형성에 대해 높은 동기로 작용하게 된다.

인지적 측면에서는 개념 그리기 상에 달의 위상 변화뿐만 아니라 지구 자전에

의한 달의 일주 운동에 따른 관찰자의 위치 변화도 동시에 나타내고 있다. 즉, 지구 자전축과 자전 방향이 모두 포함된 올바른 개념 모형을 형성하였고, 응용문제를 제시했을 때 다른 연구 참여자와 달리 별도의 개념 그리기를 그리지 않고 이미 그려놓은 개념 그리기를 이용하여 문제 해결을 하는 풍성한 모형으로 진화하였다. 다만, 지구의 공전 궤도면과 달의 공전궤도면의 차이를 별도의 그림으로 표현하였는데, 그 차이가 5도가 아닌 55도로 오개념이 포함되어 있기는 하다.

10주 후의 시행된 기말고사에서도 달의 대표적 8 종류의 관찰 위상을 공전 궤도상에 표현하고 문제에 출제된 달의 위상(그림)을 추가로 표현하여 바른 위상 개념이 지속되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 달의 위상과 지구 중심을 관통하여 지평선을 표현하고 해뜰참에 해당하는 새벽 6시를 표시하고 있다. 지구와 지평선이 교차하는 지점에 동서 방향을 표시하고 지구 중심에 자전 반시계 방향으로 표현함으로써 올바른 정신 모형이 지속되고 있음을 보여준다.

이와 같은 통합적 형성 정신 모형을 요약하여 나타내면 <그림 98>과 같다.



<그림 98> 신영화의 통합적 정신 모형 변화

[※글꼴과 화살표의 굵기는 영향의 정도, 방향은 영향을 의미함]

## 제 8 장 결론 및 제언

### 제 1 절 요약 및 결론

#### 1. 요약

본 연구의 목적은 교육대학교의 교실 규모 학습 환경에서 최적화된 통합적 모형 기반 수업을 수행하여 초등 예비교사들을 목표 모형에 도달하기 위한 수업 전략을 구성함에 있다. 따라서 지구과학을 어려워하는 여섯 명의 지원자들이 지니고 있는 초기 모형을 통합적 관점에서 탐색하고 이를 기반으로 최적화된 모형 기반 수업 전략을 수립하여 수행하였다. 최종적으로 예비교사들의 변화된 형성 모형을 살펴보았다.

여섯 명의 예비교사들은 모두 교육대학교 2학년 학생들로 문과 출신이며 여학생이다. 지구과학을 어려워하며 지구과학 수업을 수강하는 예비교사로 자발적 지원에 의하여 참여하였다. 녹취 자료의 상태와 참여의 성실성 등을 고려하여 최종적으로 여섯 명의 예비교사를 연구 참여자로 선정하였다. 연구 목적과 계획에 부합하는 다양한 자료의 확보를 위하여 2011년 3월부터 7월까지 설문지, 탐색지(모형, 지구그리기, DASTT-C), 산출물(과제, 기말고사), 강의 자료 그리고 심층 면담 등 다양한 자료를 수집하였다. 자료의 수집, 전사 그리고 분석을 되풀이하는 작업을 수행하였다. 모든 수집 자료의 분석은 심층 면담 자료의 전사본과 함께 질적인 분석을 실시하였다. 자료 해석 및 분석의 검증은 다양한 자료 간의 검증, 전문가로부터 검증 그리고 연구 참여자들과 면담과 전자 메일을 통한 검증을 거쳤다. 연구 결과를 연구 문제별로 요약하면 다음과 같다.

첫째, 초등 예비교사들의 통합적 초기 모형의 특징과 유형은 어떠한가?

교과로서 지구과학에 대한 흥미를 갖지 못한 유형인 오로라는 전통적 학교수업이 주 환경 요인인 것으로 나타났다. 정의적 측면에서는 지구를 신비롭게 생각하여 지구과학 중 특히 천문이나 지구의 내부와 같은 영역에는 관심을 가지

고 있으나 지구과학에서 다루는 현상을 설명하는 것이 어려운 것이 낮은 흥미를 유발하고 학교에서 학습 내용을 시험을 위해 이해 없이 외운 것이 낮은 자아 효능감을 가지게 했으며 물리 교과와 성적의 나쁜 것과 자신의 이해력 부족이 실패 귀인으로 작용하였다. 인지적 측면에서는 지구과학을 비롯한 과학 교과는 이해 없이 외우는 과목으로 인식하고 있어서 달의 위상에 대하여는 교과서에 등장했던 기능적 구체 모형에 의해 달을 너무 크고 가깝게 인지하여 지구 표면상의 관측 위치에 따른 각도 차에 의한 달의 위상이 결정된다고 생각하고 있다. 그래서 잘못된 스케일에 의한 그림자 모형과 천동설적 세계관에 따른 달의 일주 운동을 설명하는 모형을 지니고 있다.

한편, 지구과학에 대한 잘못된 선입견에 의하여 영향을 받은 유형인 이원리는 전통적 학교수업이 주 환경 요인인 것으로 나타났다. 정의적 측면에서는 원리를 적용하는 물리와 같은 교과를 선호하나 지구과학은 지구나 우주와 같이 내용이 광범위하고 자신의 생활과는 동떨어진 것을 다루며 가설이 많기에 딱딱하다고 생각을 가지고 있었다. 그래서 지구과학에는 원리 적용이 없어 관심이 별로 없는 낮은 흥미를 보이며 지구과학은 암기과목이라고 여겼기에 시험을 위해 외웠기 때문에 시간이 흘러 잊어버리기에 잘 모른다는 낮은 자아 효능감을 가지고 있었다. 그래서 자신의 자신감과 능력이 부족하다고 여겨 개인적 요소를 실패 귀인으로 생각하였다. 인지적 측면에서는 사회문화적 시각으로 지구를 바라보는 반면 지구과학의 학습 내용은 모호하고 딱딱하다고 인식하고 있어서 달의 위상에 대하여는 교과서에 등장했던 기능적 구체 모형에 의해 달을 너무 크고 가깝게 인지한 것이 개념상으로만 반사 모형이 등장하였을 뿐, 삭에서 달이 태양 빛을 가장 많이 받아 반사하기 때문에 보름이라고 설명하고 있다. 그래서 불완전한 반사 모형을 지니고 있다.

그리고, 지역적 환경 영향의 유형인 강초록은 비전공 교사의 수업이 주 환경 요인인 것으로 나타났다. 정의적 측면에서는 눈에 보이는 것과 경험이나 체험을 선호하고 이과 출신의 부모님 밑에서 지구과학과 관련된 다양한 환경 요소를 지니고 있음에도 불구하고 지구과학 비전공 교사와의 학습에 의해 학습 내용에 대한 불완전한 이해와 자신의 궁금함을 해소하지 못하였기에 지구과학은 암기과목으로 여기고 시험을 위해 외웠기 때문에 낮은 자아 효능감과 낮은 흥미를 가지게 되었다. 그래서 지구과학은 딱딱하고 어려운 교과로 인식되었고

무엇보다 비전공 교사가 환경적 외부 요인으로 주 실패 귀인이 되었다. 인지적 측면에서는 지구를 사람과 자연이 공존하는 공간으로 인식하는 반면 지구과학의 학습 내용은 딱딱하고 어렵다고 인식하고 있어서 달의 위상에 대하여는 교과서에 등장했던 기능적 구체 모형에 의해 달을 너무 크고 가깝게 인지한 것이 개념상으로만 반사 모형이 등장하였을 뿐, 삭에서 달이 태양 빛을 가장 많이 받아 반사하기 때문에 보름이라고 설명하고 있다. 또한 망의 위치에서는 지구 그림자에 의하여 달을 관찰 할 수 없다고 여긴다. 그래서 불완전한 반사 모형과 망에서의 그림자 모형을 지니고 있다.

한편, 한국 교육에 대한 부정적 인식 영향의 유형인 한차이는 유학이 주 환경 요인인 것으로 나타났다. 정의적 측면에서는 지구 안팎에서 일어나는 현상에 대하여 관심이 있음에도 불구하고 중국 유학 생활에서 불완전한 의사소통과 한국에 비해 높은 수준의 과학 학습 내용과 한국의 교과서 위주의 주입식 교육에 의하여 지구과학을 비롯한 과학 전체를 어렵게 인식하게 만들었고 이로 인하여 과학 과목에 두려움을 지니게 되었다. 그래서 지구과학을 비롯한 과학을 암기 과목으로 여기고 시험을 위해 외웠기 때문에 낮은 자아 효능감과 낮은 흥미를 가지게 되었다. 그래서 실패 귀인으로 한국 교육의 전반적인 시스템과 무기력한 교사와 같은 환경적 요소들이 나타나고 있다. 인지적 측면에서는 천문학적 관점과 일상적 관점이 혼재되어 지구를 다양한 현상이 발생하는 공간으로 인식하는 반면 지구과학의 학습 내용은 어렵다고 인식하고 있어서 달의 위상에 대하여는 교과서 위주의 전통적 과학수업에 의해 상현과 하현에서는 바른 반사 모형이 등장하지만 삭과 망에서는 지구와 달의 공전 궤도의 차이를 인지하지 못하고 자신이 표현한 기능적 구체 모형의 평면에 의한 그림자 모형이 나타나고 있다. 또한 달이 지구 주위를 공전하는 궤도적 운동이 등장하나 달의 일주 운동을 설명함에 있어서는 고정된 관측자 중심의 천동설적 개념이 표상되고 있다. 그래서 반사 모형과 망에서의 그림자 모형과 천동설적 세계관에 따른 달의 일주 운동을 설명하는 모형을 지니고 있다.

또한, 학습 기회 상실과 시니컬한 정서 영향의 유형인 전수경은 전학이 주 환경 요인인 것으로 나타났다. 정의적 측면에서는 해부 등을 통해 눈으로 관찰이 가능해서 생물 교과를 신기하게 생각하는 반면 잦은 전학으로 인하여 학습 기회를 잃고 시험을 위해 문제집의 문제 풀이에 의존하였다. 이로 인하여 천문 영



역은 직접 보지도 못한다고 생각하고 학습 경험도 없기에 지구과학을 어렵게 생각하여 두려움을 가지고 심지어 거부감마저 지니고 있다. 그래서 무관심에 의한 낮은 흥미와 배운 적이 없어 전혀 모르기에 매우 낮은 자아 효능감을 가지게 되었다. 그런데 실패 귀인을 학습을 보정해 주지 못한 학교 교육과 같은 환경적 요소가 아니라 자신의 능력 부족한 개인적 요소로 여기는 것이 특이하다. 인지적 측면에서는 일상적 관점으로 동식물과 인간이 자연 속에 상호작용하는 공간으로 지구를 인식할 뿐 어떠한 현상이나 지구과학 내용이 나타나지 않는다. 마찬가지로 달의 위상에 대해서 달이 스스로 빛을 내는 광원이며 달과 지구가 매우 가까워 지표 상 관측자의 위치에 따라 보이는 각도가 다르기에 위상이 변한다고 생각한다.

반면, 문과와 이과의 계열 간의 장벽 영향의 유형인 신영화는 문과로의 진로가 주 환경 요인인 것으로 나타났다. 정의적 측면에서는 SF 영화나 재난 영화처럼 지구과학에서 다루는 우주와 기후 변화와 같은 내용에 관심이 많음에도 불구하고 불충분한 진로 정보로 문과에 진학한 것이 물리와 수학과 같은 원리를 이용하여 문제를 해결하는 교과에서 어려움을 겪게 되었다. 이러한 문과의 진로는 과학 전체를 학교 교육과정 상 어려운 교과로 인식하게 만들었고 지구과학도 과학 교과로서 어렵게 느껴졌기에 지구과학 학습 내용에 대한 불완전한 이해와 기억이 낮은 자아 효능감을 지니게 하였다. 그래서 실패 귀인으로 수학과 물리 학습을 소홀하게 하였던 문과의 환경적 요소가 두드러지게 나타난다. 다른 예비교사들과 달리 낮은 흥미 요소가 드러나지 않는 것이 특징이다. 인지적 측면에서는 천문학적 관점으로 지구를 다채롭고 흥미로운 공간으로 인식하는 반면 교과로서 지구과학의 학습은 어렵다고 인식하고 있어서 달의 위상에 대하여는 교과서에 등장했던 기능적 구체 모형에 의해 달을 너무 크고 가깝게 인지한 것이 바른 망을 제외하고는 바른 반사 모형이 등장하지만 망에서는 지구와 달의 공전 궤도의 차이를 정확히 인지하지 못하여 자신이 표현한 기능적 구체 모형의 평면에 의한 그림자 모형이 나타나고 있다. 여기서 다른 예비교사들과 달리 망에서 등장한 그림자 모형과 다른 위상에서의 반사모형 사이에 불일치와 불만족을 깨닫고 있다.

둘째, 초기 모형을 기반으로 최적화된 통합적 모형 기반 수업전략은 무엇인

가?

정신 모형이 형성되는 과정에서도 학생들의 인지적 요소와 정의적 요소 그리고 환경적 요소를 효과적으로 교수 전략에 반영하여야한다. 탐색된 초기 모형을 바탕으로 연구 참여자들이 지구과학에 대하여 지니게 된 두려움이나 어려움 그리고 선입견들을 해소하여 높은 동기를 형성할 수 있는 정의적 요소를 지닐 수 있도록 수업 안팎의 환경적 요소들을 고려한다. 한편, 인지적 측면에서는 모형 진화에 모순 질문이나 사건이 수업 전략에서 학생들의 기존 모형과 내적 불일치를 유발하여 갈등을 겪게 하는 중요한 역할을 수행한다(Clement, 2008; Rea-Ramirez et al, 2002). 이러한 불일치 관계를 인지적 전략으로 구성하면 부당성 입증, 수정, 확증 그리고 첨가모드와 같은 4가지 기본 모드를 사용할 수 있다. 그리고 이와 같은 기본 모드를 적절히 이용한 경쟁 전략과 확인 전략을 주로 사용하여 학생들의 모형 진화를 유도할 수 있는 모형 기반 학습 수업 전략을 구성할 수 있다.

통합적 정신 모형에 영향을 주는 정의적 측면 요소들은 극히 개인적인 감정 상태에 달려 있으며 개인에 따라 그 영향의 정도나 경향성이 다르게 나타나기에 정량적으로나 정성적으로 측정하기 어려울 뿐만 아니라 교사가 인위적으로 조작하기에도 쉽지 않다. 그래서 정의적 측면 요소의 반영은 최대한 수업과 교실 등의 교수 환경을 고려하여 적용한다. 여러 요소 중 교육학적 시사점을 제공해주는 것은 ‘동기’이다. 특히 흥미와 성취 목표가 전략적으로 유도할 수 있는 항목이다. 흥미의 경우, 과학 자체에 개인적 흥미가 부족한 연구 참여자들에게는 기존의 전통방식의 교육에서 경험하지 못한 수업 자원들을 제공하여 상황적 흥미를 유발하는 사로잡기 요소로 사용한다. 그리고 학습의 시작에는 수업에서 다루는 내용의 유용성을 강조하여 수업에 집중할 수 있게 하고 학습의 마무리에서는 수업에 의해 형성된 흥미를 수업 후에도 유지할 수 있도록 흥미 유발 지속 요소를 사용한다. 한편, 성취 목표 중 숙달 목표는 의미상 매우 개인적인 목표에 해당하기는 하나, 수업 중에 교사가 학생들에게 일반적인 가이드를 제시해 줄 수 있다. 이 때 명시되는 숙달 목표들이 학생들의 수준에 너무 어렵거나 양적으로 넘쳐나면 학생들은 부담스러워 할 것이고 도달하기 어려울 것이다. 그래서 모형 기반 학습 이론에 따라 학생들의 능력을 고려한 적절한 단계의 중간 모형들을 설정하여 제공해 주면, 그 중간 모형들이 학습 중 교과 내용 지

식에서의 숙달 목표가 될 것이다. 중간 모형을 이용하여 단계적이면서도 무난한 숙달 목표들을 제공하면 학생들이 적절한 목표 지향을 지니게 되어 모형 형성에서 동기 유발의 역할을 담당하게 된다.

수업 전후와 수업 중에 제공되어 지거나 한 학기 내내 영향을 미치는 학습에 관계된 환경 요소는 맥락적 환경과 문화적 환경으로 나누어 살펴볼 수 있다. 맥락적 환경으로는 강의 커리큘럼, 교사 질문, 과제, 평가, 수업 분위기 그리고 연구 참여 등으로 수업 전후와 강의 중에 제공될 수 있다. 이러한 환경 중 교사가 조작 가능한 것은 강의 커리큘럼, 교사 질문의 배열, 과제와 평가의 제시와 제시 시기, 그리고 연구 참여자의 수업 전후의 모형 탐색 등이 있다. 한편, 예비교사들은 강의가 이루어지는 16주 동안 수업 환경 이외에도 대학교에서의 학과, 동아리 등과 기타 개인별 사교 모임 등과 같은 사회의 구성원과 서로 상호작용한다. 그래서 여러 가지 방법과 경로로 사회 구성원들과 문화를 공유하거나 개인별로 경험하며 심지어 문화를 형성해 나가기도 한다. 마찬가지로 교사와 수업 안팎에서 상호작용을 통하여 문화적 영향을 받는데, 교사가 조작 가능한 문화적 요소로는 사회적 과학 이슈(일본 대지진으로 인한 쓰나미 피해), 과학송 그리고 과제와 관련된 관측, 과학관 방문(동행 설명) 그리고 영상물 감상 등과 같은 문화체험이 있다.

셋째, 통합적 모형 기반 학습으로 형성된 예비교사들의 통합적 형성 정신 모형의 특징과 유형은 어떠한가?

초기 모형을 기반으로 모형의 진화를 이루었으며 목표 모형을 뛰어 넘는 풍성한 모형도 등장하였는데 통합적 관점을 고려한 모형 기반 수업 전략에 의한 연구 참여자들의 흥미 증가와 이해 증대로 인한 자기 효율성 증가와 같은 정의적 요소의 변화가 보여 지고 있다. 수업 후 심층면담에서 중간 모형에 도달한 전수경을 제외하고는 모두 목표 모형에 도달하였는데 전수경의 경우 중고등학교 시절의 환경적 영향에 의해 면담 시에는 목표 모형에 도달하지 못했지만, 들어난 중간 모형 단계에서 필요한 모순 관계의 피드백을 통해 최종적으로 2차면담과 기말고사에서 목표 모형에 도달하였다. 반면, 한차이와 신영화는 면담 시에 이미 목표 모형을 뛰어 넘어 응용문제를 해결할 수 있는 풍성한 모형에 도달하였는데 자신만의 표현된 모형을 지닌 것이 특징이다. 최종적으로 10주 후

에 실시된 기말 평가에서 모든 연구 참여자들이 자신의 정신 모형을 개념 그리기로 표현하는 과정에서 기능적 구체 모형을 사용 시 각자 다양한 자신만의 표상을 사용하고 있다.

모형 기반 학습 수업 전략 중 인지적 측면에서 모순 관계가 모형 진화에 주요한 영향을 미쳤다. 전수경의 경우는 광원 모형과 반사 모형의 모순 관계가 경쟁 전략에 의해 광원 모형은 소거되고 반사 모형으로 발전하였으며 다른 연구 참여자들도 초기 모형에서 등장했던 천동설적 직관적인 관념들이 지구 자전에 의한 일주 운동과의 모순 관계에 의하여 수정되어 나타났다. 또한 그림자 모형도 땅에서 달의 위상이 보름인 것과의 모순 관계에 의하여 수정되어 월식을 설명하는 모형으로 수정되어 나타났다.

심층 면담과 형성 모형 탐색을 통해 표현된 기능적 구체 모형에의 자전축의 시각적 표상에서 예상치 못한 오류를 확인할 수 있었다. 일반적으로 달의 위상 변화나 일주 운동을 이해 할 때나 그림으로 표상할 때 많이 사용하는 기능적 구체 모형에서 지구의 자전축은 지구 모형의 원의 중심에 위치하는데, 모형 기반 수업을 통하여 달의 일주운동이 지구의 자전에 의한 것임을 이해하게 되었음에도 불구하고 자전축을 잘못 표상하거나 표상을 어려워했다. 이는 달의 위상 변화를 표현하는 기능적 구체 모형은 지구의 자전축을 천구의 북쪽(북극성)에서 바라보는 관점이라면 예비 교사들이 기존에 지구의 자전을 학습할 때 주로 영향을 받은 수업 자원들은 지구의 기울어진 자전축을 명확히 들어내기 위한 적도 쪽에서 바라보는 관점이기 때문에 발생하는 문제점으로 볼 수 있다.

모형 기반 학습 수업 전략 중 환경적 요소들이 동기 유발과 이해 증대에 많은 영향을 미쳤다. 공통적으로 수업 중 제시된 사로잡기 요소로 사용된 수업 자원이 이해를 통한 흥미 유발이나 자신감을 부여하여 높은 동기를 형성하는 계기가 되고 초기 모형 탐색과 심층 면담이 학습의 필요성을 인지하게 하거나 수업에 집중할 수 있도록 도와주어 능동적인 태도를 가질 수 있도록 해주었다. 또한, 과제 중 달 관측 과제는 이해 증대와 과정 지식 획득을 통하여 현상의 이유와 원리를 이해하는데 두려움은 감소시키고 자신감을 얻게 하여 높은 동기로 작용하였으며, 과학관의 경우는 지구과학에 대하여 어려운 이미지를 감소시키고 전시물이나 체험코너 등에 의하여 재미나 흥미를 증가시키는 체험의 기회가 되었다.

## 2. 결론

이상의 연구 결과를 토대로 결론적으로 연구문제에 대하여 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

첫째, 예비교사인 지원자들의 초기 모형을 통합적 정신 모형으로 살펴본 결과, 주로 환경적인 측면이 낮은 동기(정의적 측면) 형성에 영향을 주었고 교과 이미지와 달의 위상 변화와 일주 운동에 관한 개념 모형(인지적 측면)에도 낮은 흥미와 낮은 자아 효능감과 더불어 실패귀인으로 작용하고 있음을 발견할 수 있었다. 지구과학을 어려워하는 초등 예비교사들은 매우 제한적인 과학 문화를 바탕으로 주로 학교 환경의 영향을 수동적으로 받아 들였기에 낮은 동기를 지니게 된 것으로 나타났다. 이러한 낮은 흥미와 자아 효능감으로 예비교사들은 지구과학의 교과 이미지를 어렵고 딱딱하며 가시적이지 않다고 인식하게 된 것임을 알 수 있다. 한편, 학교 환경(환경적 측면)이 실패 귀인(정의적 측면)의 환경적 요소로도 간주되고 있는 것으로 보아 전통적 학교 수업, 비전공 교사, 수업 결손 등과 같은 환경적 영향이 지배적임을 알 수 있다. 따라서 교과서 위주의 전통적 수업에서 사용되어진 기능적 구체 모형의 영향으로, 인지적 측면에서 스케일 모형에 오류가 발생하고 달의 공전에 관한 공간적 사고를 하지 못하여 그림자 모형이 등장하는 것으로 나타났다. 또한 예비교사들은 학습 내용을 바탕으로 한 관찰 경험이 없어 지표에서 천구를 바라보는 지구적(earth-based) 관점에서 탈피하지 못한 채, 우주 공간적(space-based) 관점인 기능적 구체 모형과 정신 모형을 연결 짓지 못하였다. 그래서 달의 일주 운동을 달의 공전으로 설명하고자 하는 천동설적 관념이 등장함을 발견할 수 있었다. 특히, 예비교사들은 낮은 자아 효능감에 의하여 초기 모형의 불완전함을 인식하지만, 불일치하거나 불만족스러운 점이 무엇인지를 깨닫지 못하고 있었다. 하지만, 초기 모형을 표상하면서 모순 사실들을 점차 인지하게 됨을 알 수 있었다. 이를 통해 개념 그리기와 같은 모형 표상을 초기 모형 탐색에서 심층 면담과 함께 사용하는 것이 교수자인 연구자에게 모형 기반 수업 전략 수립을 위한 정보를 제공해주고 예비교사인 연구 참여자들에게 모형 형성을 위한 첫 단계인 모형 표현으로 의미가 있다고 볼 수 있다.

둘째, 초기 모형에 드러난 환경 요소들을 참조하여 부정적 영향을 유발한 것들은 제거하거나 긍정적 영향을 유발 할 수 있는 것으로 대체하였다. 한편 예비 교사들이 경험하지 못한 긍정적인 환경적 요소들을 과제와 활동과 같은 수업 자원으로 사용하여 정의적 변화와 인지적 변화를 유발 할 수 있도록 구성하였다. 인지적 측면에서는 모순 사건들을 이용하여 초기 모형과 내적 불일치를 유도하여 갈등을 겪게 하였다. 그래서 부당성 입증, 수정, 확증 그리고 첨가모드를 이용하여 경쟁 전략과 확인 전략을 핵심적인 인지 전략으로 개발하였다. 그리고 평면에서의 모형 표상으로 한계점을 지닌 기능적 구체 모형 대신 사물 모형이나 제스처를 활용한 활동을 통하여 공간상에 표현함으로써 공간적 사고까지 다룰 수 있게 하였다. 본 연구 결과는 초기 모형의 통합적 정신 모형 분석을 통하여 환경적, 정의적, 그리고 인지적 측면까지 모두 고려한 통합적 모형 기반 수업 전략의 수립이 가능함을 보여주었다. 또한 형성 모형 탐색 중 드러난 기능적 구체 모형 상의 지구 자전축 표현과 같은 피드백을 통하여 수업 전략이 개선될 수 있음을 보여주었다.

셋째, 초기 모형과 형성 모형을 탐색하여 분석하여 비교해 본 결과 모형 기반 수업 전략에 의하여 예비 교사들의 모형의 변화를 살펴볼 수 있었다. 각각의 모형 변화를 통합적 관점에서 살펴보면, 오로라는 문화 영향에 의해 지구과학에 대한 흥미가 주로 상승하였고 이원리와 강초록 그리고 한차이는 교실 수업 영향에 의해 이해 증대로 자아 효능감이 주로 상승하였다. 한편, 신영화는 교수 영향에 의해 지구과학에 대한 인식의 변화가 전반적 동기 상승을 이끌었다. 반면, 전수경은 교실 수업 영향으로 이해가 증대되어 자아 효능감은 상승하였으나 여전히 지구과학에 대한 근본적 인식이 변하지 않음이 나타났다. 인지적으로는 모든 예비교사들이 최종적으로 목표 모형에 도달하였고 정신 모형이 지속되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 그리기로 표상된 각자의 모형 속에 자신만의 독창적인 방법의 표상이 드러나고 있음을 확인할 수 있었다.

이와 같이 예비교사들의 초기 모형을 통합적 관점에서 탐색하여 이를 기반으로 구성한 통합적 모형 기반 학습은 매우 유효하게 모형 진화에 영향을 미친 것을 살펴볼 수 있었다.

## 제 2 절 논 의

### 1. 통합적 정신 모형의 필요성

기존의 정신 모형의 연구들은 인지적 측면에 치우쳐 학생들의 관련 오개념을 파악하는 데 주력하였다. 본 연구에서는 예비교사들의 달의 위상변화와 일주운동에 관한 정신 모형과 모형의 변화를 인지적 측면뿐만 아니라 환경적 측면과 정의적 측면에서도 접근하려는 통합적 관점에서 탐색해보았다. 그 결과 지구과학을 어려워하는 예비교사들이 정의적 측면에서 낮은 흥미, 낮은 자아 효능감 그리고 여러 가지 실패 귀인들에 의하여 낮은 동기를 지니고 있고 이런 정의적 요소들의 대부분은 초중등 학교 교육의 환경적 영향임이 명확하게 들어났다. 예를 들면, 지구과학에 대한 선입견과 오해, 수학이나 물리처럼 영향을 주는 어려운 이과 계열의 교과들, 문과와 이과의 벽, 교과서 위주의 전통적 수업, 성적의 부담, 전학으로 인한 수업 결손 그리고 비전공 교사에 의한 교수 등의 연구 참여자마다 제 각각 다양한 환경 요소들이 드러났다.

이러한 정의적 요소들은 결국 정상적인 초중등 교육과정을 이수하였음에도 불구하고 예비교사들이 바른 인지 모형을 형성하지 못하게 하는 원인이 된다. 특히 표면적으로 드러나는 몇 가지 예를 살펴보면, 교과서 위주의 수업으로 기능적 구체 모형에 의한 다양한 오개념들이 드러났고 달의 일주 운동을 설명함에 있어서는 지구 중심적 관점과 사고에 사로잡혀 우주 공간 중심으로 표현한 기능적 구체 모형으로 표상하는 과정에서 천동설적 개념이 나타났다. 또한 실제 입체인 우주 공간을 평면에 표현하다 보니 삭과 망에서 그림자 모형이 등장하였다. 그리고 낮은 자아 효능감에 의하여 자신들이 표상한 개념 모형에 대하여 스스로도 확신하지 못하거나 질문에 따라 불일치하거나 불만족한 상황이 있음을 인지하지 못하고 있었다.

따라서 통합적 정신 모형의 관점에서 보았을 때, 예비교사들의 달의 위상변화와 일주운동에 관한 목표 모형을 형성하기 위해서는 단지 인지적인 중간 모형으로 구성된 모형 기반 학습을 위한 수업 전략이 아니라, 예비교사들의 낮은

흥미, 낮은 자아 효능감 그리고 실패 귀인들을 최대한 해소함과 동시에 높은 흥미, 높은 자아 효능감 그리고 성공 귀인들을 제공하여 높은 동기 유발과 같은 정의적 요소를 유도할 환경적 변인들을 수업 전략에 포함하여야 한다. 특히, 지구과학 교과를 어렵게 생각하는 원인이 된 요소들 중 선입견이나 오해들은 대부분 초중등 학교 교사들의 수업 내용이나 방식에 의한 것임이 나타났기 때문에, 본 연구 결과는 지구과학 분야의 초등과 중등 교육을 담당하는 교사들의 교수적 내용 지식에도 피드백을 제공해 줄 수 있다. 나아가 또래 집단의 성향이 강한 청소년 시기에는 지구과학을 어렵게 생각하는 정의적 특성들이 집단 내에서 파동과 같은 현상을 일으킬 수 있기에, 초중등 학생들을 대상으로 통합적 정신 모형을 탐색해본다면 기존의 정신 모형 연구보다 학생들의 정의적 측면을 고려한 유의미한 통합적 모형 기반 교수전략을 제공할 수 있을 것이다.

## 2. 지구과학 교과에 대한 인식의 변화

최근의 학교 현장에서의 경향이기도 하고 연구 참여자들의 통합적 초기 정신 모형에서도 여실히 나타났듯이, 대부분의 학생들은 과학 중 물리와 더불어 지구과학을 어려워하거나 싫어한다. 연구 결과에서도 지구과학이 다루는 내용에 분명히 개별적인 관심사들과 연결될 수 있는 부분들이 있음에도 불구하고 지구과학을 학교에서 학습하는 교과의 측면에서는 딱딱한 이미지로 인식하여 중요하지 않은 교과라고 생각하거나 자신의 생활과는 동떨어져 있다고 여긴다. 더 나아가 지구과학이라는 교과에서 다루는 대상들은 모호하고 가시적이지 않으며 가설이 너무 많아 어렵다고들 한다. ‘이는 과연 지구과학 교과의 본질적인 문제인 것일까?’

통합적 관점으로 예비교사들의 초기 정신 모형을 탐색해본 결과 지구과학 교과에 대한 부정적 인식은 환경적 측면 중 개인적 요소에 의한 것들도 있지만, 대부분이 교사를 중심으로 한 학교 교육에 의한 외부적 요소에 의한 것들이었다. 그래서 이러한 외부적 환경 요소를 고려한 통합적 모형 기반 수업 전략을 적용한 뒤에 살펴본 예비교사들의 정의적 변화에 의하면 연구 참여자들의 지구과학에 대한 부정적 인식들이 긍정적으로 변하고 있음을 볼 수 있었다. 즉, 지



구과학 교과를 중요하게 생각하고 우리 생활과 관련이 있다고 생각하며, 각자의 흥미와 관심과 연결된 고리가 지구과학 교과 내에도 존재한다는 것을 다양한 수업 자원들을 사용한 모형 기반 수업뿐만 아니라 제한적이기는 하나 과학관 방문, 달 관측 그리고 영화와 다큐멘터리로 구성된 영상물 등의 기존과 다른 문화적 환경 요소에 의한 긍정적 인식 변화가 나타나고 있다. 이러한 지구과학에 대한 긍정적 인식 변화는 수업에 대하여 집중하여 학습 내용을 이해하게 되어 자아 효능감을 높여주거나 학습 하는 내용 중에서 재미있는 부분들을 발견하여 흥미를 유발하는 요소가 된다.

한편, 지구과학에서 너무 큰 스케일 규모의 대상을 다루거나 예비 교사들의 선입견인 다루는 내용이나 대상이 눈에 잘 보이지 않는 현상들이라고 생각했던 것들은 다양한 시각적 자극을 줄 수 있는 수업 자원들의 환경적 영향에 의하여 변화하게 되었다. 특히 이러한 수업 자원들은 시각적 자극 원으로 학습 내용의 이해를 돕는데 주요한 영향을 미쳤기에 예비교사들의 최종 자기 교수 이미지에 서도 명확하게 드러나고 있다. 이와 같이 지구과학에서 다루는 내용이나 현상들도 여러 가지 방법을 이용하여 수업 자원으로 시각화할 수 있음을 깨달은 예비교사들은 그동안 지구과학에 대한 어려움을 느꼈던 장애 요소를 제거하고 지구과학 학습에 한걸음 더 다가갈 수 있는 계기가 될 수 있었다.

따라서, 연구 결과는 다음과 같은 시사점을 제공해준다. 초중등학교에서 지구과학을 가르치는 교사들이 본 연구 결과를 참고하여 교육 현장에서 학생들이 지구과학에 대하여 부정적 인식을 가지게 하는 외적 환경 요소들을 제공하지 않도록 유의하여야 하며, 긍정적 인식으로 변화하는 외적 환경 요소들을 참고하여 수업 자원이나 교수 학습 환경으로 활용해야 한다. 먼저, 지구과학 교과에서 학습 내용과 학생들의 관심사를 연결해 주는 역할을 교사가 담당해야 한다. 그리고 교사는 지구과학에서 학습하는 내용이 우리의 삶과 밀접한 관계가 있음을 자주 가시적으로 보여주어야 한다. 마지막으로 지구과학이 다루는 시공간적으로 큰 스케일을 학생들이 두려워하지 않고 오히려 호기심이 생길 수 있도록 적절한 도구나 장비 혹은 신체를 이용한 스케일 모형을 수업 자원으로 활용하여야 한다.

### 3. 통합적 모형 기반 수업 전략의 시사점

본 연구 결과를 토대로 국내의 초등 교원 양성을 목적으로 하는 교육대학교의 특수성을 감안한다면 매우 유용한 예비 교사 양성 및 교육 방법으로 통합적 모형 기반 수업 전략이 사용될 수 있다. 특히 상대적으로 단기간에 교실 규모의 학습 환경에서 지구과학의 내용적 지식뿐만 아니라 초등 교육과정과 지식 그리고 초등 예비교사로서 교수적 내용 지식(PCK)까지 모두 학습해야 한다면 통합적 관점으로 접근하여 개발한 모형 기반 수업 전략은 교육 대학교의 지구과학 교육에 있어서 매우 유용한 표준을 제시해 줄 수 있다.

대부분의 교육대학교에서는 과학교육을 전공하지 않는 예비교사들은 최소한의 지구과학 관련 수업을 이수하고 있는 것이 현실이다. 특히 본 연구에서도 드러났듯이 예비교사들 중 이과 출신이 아닌 문과 출신들은 교육 대학교에서의 지구과학을 비롯한 과학 교과 수업 자체를 상당히 부담스러워하고 있는 실정이다. 또한 이전 교육 단계의 여러 가지 학교 교육 환경 영향으로 목표 모형과 상당히 거리가 있는 오개념들로 가득 찬 초기 모형을 지니고 있다. 그리고 무엇보다도 자신들이 지니고 있는 오개념들과 과학적 개념 사이의 모순 사실을 인지하지 못하고 있다는 것이 가장 큰 문제점이다. 따라서 목표 모형으로의 정신 모형 형성을 위하여 방해가 되는 환경 요소들을 고려하여 정의적인 그리고 인지적인 변화를 이끌 수 있는 환경 요소들을 수업 전략에 반영해야 한다. 그래서 예비교사들이 각자의 초기 모형의 모순 사실을 깨닫게 하여 인지적 변화를 일으키는 통합적 모형 기반 학습 전략의 고려가 반드시 필요하다고 볼 수 있다. 또한, 예비교사들이 깨달은 모순 사실들이 각자가 과거 학교 학습에 의해 지니게 되는 점은 역으로 예비교사들에게 지구과학 수업에서 초등교사로서의 역할과 교수법에 대한 고민을 하게 해준다. 예비교사들이 각자의 오개념을 가졌듯이 미래에 그들에게 배울 학생들도 가질 수 있는 오개념들을 통합적 모형 기반 학습 전략을 사용하여 수행할 수업의 목표 모형으로 도달할 수 있도록 도와주어야 한다는 책임감을 부여하기도 한다.

본 연구에서는 지구과학의 천문학 영역 중 달의 위상 변화와 일주 운동에 초점을 맞추어 통합적 모형 기반 학습 전략을 제시하고 있지만, 추가적인 연구를 통하여 예비교사들에게 필요한 지구과학 전반의 통합적 모형 기반 학습 전략을

개발하여 국내의 모든 교육대학교의 예비교사 양성을 위한 지구과학 교육 과정에 기준을 제시할 수 있을 것이다.

한편, 초·중·등 학교 현장에서도 전통적 수업 방식을 대체할 수 있는 새로운 대안으로 제시 가능하다. 즉, 초기 모형이 목표 모형과 가장 거리가 먼 예비교사들을 대상으로 한 연구 결과는 기존 초·중·등 교육에 피드백을 제공해 줄 수 있다. 예를 들면, 달의 위상변화와 일주 운동을 다룰 때, 학교 현장에서 주로 교과서 위주의 수업을 하면서 사용되는 기능적 구체 모형의 본질적인 문제가 연구 결과에서도 드러나고 있다. 기능적 구체 모형은 대상 간의 스케일을 줄여서 표현하기에 학생들에게 어느 정도 스케일에 관한 오개념을 유발 시킬 가능성이 있다는 것은 이미 알려져 있는 사실이다. 그럼에도 불구하고 달의 위상 변화를 우주 공간적 관점(space-based)에서 설명하기에 매우 매력적인 도구이기에 현실적으로 가장 많이 사용되고 있으며 예비교사들도 모두 기능적 구체 모형으로 학습해왔다. 또한, 각자의 정신 모형을 표상할 때도 기능적 구체 모형을 사용하고 있다. 다만, 연구 결과는 현재 사용되고 있는 기능적 구체 모형이 스케일뿐만 아니라 공간상에 이루어지고 있는 지구와 달의 운동을 평면에 표상함으로써 예비교사들의 정신 모형 형성에 더 심각한 영향을 주고 있음을 보여주고 있다. 특히 달의 위상에 있어서 땅의 위치에서 그림자 모형의 등장은 초기 모형에서 대부분 나타나고 있다. 또한 통합적 모형 기반 수업을 수행하고 나서도 자신의 표상된 모형으로서의 기능적 구체 모형에서 일부의 예비교사들이 지구의 자전축을 즉각적으로 표상하지 못하고 있다. 자전축의 표상의 경우가 본 연구의 통합적 모형 기반 수업 전략에 즉각적인 피드백을 제공해 주었듯이 본 연구에서 제시된 통합적 모형 기반 수업 전략에서의 수업 자원들이나 인지적 전략의 구성은 초·중·등 교육 현장의 교사들의 교수적 내용 지식(PCK)에도 충분히 피드백을 제공해 줄 수 있다.

### 제 3 절 후속 연구

본 연구 결과를 토대로 후속 연구 과제를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 지질, 대기 등의 영역으로 확대하여 교육 대학교에서 공통적으로 적용 가능한 교수 전략을 개발 하는 연구이다.

본 연구 결과를 바탕으로 교실 규모의 모형 기반 학습을 위한 수업 전략을 수정해 나갈 수 있으며 달의 위상 변화와 일주 운동뿐만 아니라 계절의 변화나 지질 그리고 대기 영역까지 모든 지구과학 영역에의 모형 기반 학습에 확대 적용할 수 있는 통합적 모형 기반 수업 전략을 개발하는 연구가 필요하다. 이러한 연구는 교육 대학교의 특수성을 고려할 때 모든 교육 대학교에서 참고하여 적용 가능한 교수 전략과 표준 지구과학 커리큘럼을 제공해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 과학을 좋아하거나 어렵지 않게 생각하는 예비교사들의 통합적 정신 모형 연구이다.

본 연구는 과학과 지구과학을 어려워하는 예비교사들을 대상으로 하였다. 그래서 그들의 정신 모형에 부정적인 영향을 주는 환경적 측면이 명확하게 드러났었다. 반면, 연구 대상을 반대로 과학을 좋아하거나 어렵지 않게 생각하는 예비교사들의 통합적 정신 모형을 연구해 보면, 정신 모형의 어떠한 환경적 측면과 정의적 측면이 그들의 인지를 형성하는 데 기여하였는지를 살펴볼 수 있을 것이다. 이렇게 살펴본 환경 요소 중 학교 현장과 관련하여 조작 가능한 부분들은 통합적 모형 기반 수업 전략에서 환경적 요소로 반영할 수 있고 교사들의 교수적 내용 지식에도 유의미한 정보를 제공해줄 것으로 기대된다.

셋째, 초등학생과 중등 학생의 통합적 정신 모형 연구이다.

본 연구는 예비교사들을 대상으로 하여 현재의 정신 모형에 초·중등에서의 교육 환경의 영향이 많이 나타나고 있음을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과는 초등학생과 중등 학생들의 정신 모형도 통합적으로 탐색해 볼 필요가 있다는 점을 시사한다. 그들의 초기 모형을 연구하여 인지 모형과 상호 영향을 미치는 정의적 측면의 특성을 분석해 볼 필요가 있다. 그 결과를 바탕으로 목표 모형이

형성될 수 있도록 교육 현장에서 사용할 수 있는 교실 규모의 통합적 모형 기반 교수 전략을 구성하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 구성주의 관점에서 소규모의 집단 형태의 모델링 수업에도 활용될 수 있을 것이다.

#### 넷째, 과학문화 자본 연구와의 결합

본 연구에서 통합적 관점으로 정신모형을 살펴보았을 때, 지구과학을 어려워하거나 두려워하는 예비교사들의 초중등의 학교 교육과 같은 환경적 요소들이 정신 모형의 정의적 측면과 인지적 측면에 많은 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 앞서 제안한 후속 연구 중 반대의 경우인 지구과학을 좋아하거나 어렵지 않게 생각하는 연구 참여자들에 대한 통합적 정신 모형 연구와의 비교해 해볼 필요가 있다. 특히 이러한 환경적 요소의 차이는 최근 문화 자본의 개념을 도입하여 과학문화 자본이 학생들의 통합적 정신 모형에 환경적 측면으로 미치는 영향과 역할에 대하여 살펴 볼 수 있을 것이고 학교와 사회에서 학생들에게 제공해 줄 수 있는 과학문화 자본에 대하여 살펴볼 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- 강경원 (2000). 아동의 그림을 통해 본 공간인지와 조작능력. 한국지역지리학회지. 6(3), 83-99.
- 강훈식, 김명순 (2008). 초등과학 교수에 대한 자기 이미지 조사. 한국과학교육학회지, 26(5), 464-470.
- 강훈식, 김은경, 최숙영, 노태희 (2010). 교육실습이 초등 예비교사들의 과학 교수에 대한 자기 이미지에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 30(2), 261-274.
- 권낙원, 김동엽 (2007). 교수학습 이론의 이해, 문음사.
- 김말진, 심숙이 (2011). 여학생의 과학에 대한 관심 고취를 위한 공상과학영화 교육매체의 활용. 과학교육연구지, 35(2), 221-229.
- 김명균, 정철 (2007). 환경그리기를 통한 중학생의 환경인식 조사. 한국환경과학회지, 16(4), 479-485.
- 김성일 (1997). 사이버스페이스에서의 의사소통, 인지 및 학습페러다임의 변화, 한국심리학회 춘계심포지움, 95-128.
- 김제홍 (2009). 중학교 학생의 그리기 활동에 나타난 지구계 이해의 특성 분석. 서울대학교 석사학위 논문
- 변재성, 정재구, 문병찬, 정진우 (2004). 지구와 달의 운동에 대한 고등학생들의 생각. 한국지구과학학회지, 25(7), 519-531.
- 성나해, 최승언 (2008). 달의 위상 변화에 관한 교과서의 지식 통합 과정 및 학생 정신 모형의 비교 연구. 한국지구과학회지, 29(2), 163-174.
- 신지영, 정복문, 김영식 (2008). 인지구조를 고려한 중학교 정보 교과서 내용 구성 방안에 관한 연구. 한국컴퓨터교육학회 논문지, 11(2), 13-22.
- 오준영, 김유신 (2006). 천문 현상들을 설명하는 예비 초등 교사들의 정신 모형 연구: 계절과 달의 위상변화. 한국과학교육학회지, 26(1), 68-87.
- 오현석, 김제홍, 유은정, 김찬중 (2009). 지구계 수업 모듈 중 그리기 활동을 통한 학생들의 인지 특성 분석. 한국지구과학회지, 30(1), 96-110.
- 오현석, 김찬중 (2010). 단어와 그림으로 표현된 8학년 학생들의 '지구'에 대한 심상에서 나타난 지구계 이해 분석. 한국지구과학회지, 31(1), 71-87.

- 유지연, 강훈식, 노태희 (2010). 초등 예비교사들의 과학 교수에 대한 자기 이미지와 이미지 형성에 영향을 미치는 요인. 한국과학교육학회지, 30(1), 94-106.
- 이기영 (2006). 상황에 따른 개념 유형의 국면 분석을 통한 중학교 과학 영재 아들의 조석에 관한 정신 모형 탐색. 한국지구과학회지, 27(1), 6-14.
- 이기영 (2008). 통합적 접근이 필요한 지구과학 개념에 대한 예비 교사의 이해: 현상론적 초안과 국면 분석을 통한 사 현상에 대한 정신 모형 탐색, 한국지구과학회지, 29(4), 352-362.
- 이미애, 최승언 (2008). 중·고등학생이 이해하는 달의 위상 변화 모형 분석을 통한 보완 모형 제안. 한국지구과학회지, 29(1), 60-77.
- 이선경, 최지은, 신명경, 김찬중, 이선경, 임진영, 변호승, 이창진 (2004). 세계 주요 자연사 박물관의 교육 프로그램의 유형 및 특징. 한국과학교육학회지, 24(2), 357-374.
- 이선화 (2007). 교수전략으로서 시각적 이미지 연상 유도를 활용한 수업에서의 학습자 반응 연구. 서울대학교 석사학위 논문.
- 이정아, 맹승호, 김찬중 (2007). 지구계 교육에 대한 과학 교사의 인식과 지향: 사례연구, 한국지구과학회지, 28(6), 705-717.
- 이호, 조현준, 이효녕 (2007). 달 크레이터 생성에 대한 대학생들의 정신 모형 분석. 한국지구과학회지, 28(6), 635-672.
- 임은경, 홍상옥, 정진우 (2000). 지구계 교육의 현장적용에 관한 연구. 한국지구과학회지, 21(2), 93-102.
- 정구송 (2007). 지구 내부에 대한 고등학교 학생들의 정신 모형 탐색. 한국지구과학회지, 28(6), 645-654.
- 정진우, 김윤지 (2008). 물의 순환에 대한 초등 예비 교사들의 지구 시스템적 인식. 초등과학교육, 27(4), 319-327.
- 조영남 (1991). 인지양식과 수업 전·후 방략으로서의 목표에 따른 학습 성과 분석, 교육학 연구, 29(4), 142-156.
- 최경숙 (1991). 아동심리학, 대우학술총서·인문사회과학 16, 민음사.
- Alerby E. (2000). A way of visualising children's and young people's thoughts about environment: a study of drawings. Environmental Education Research, 6(3), 205-222

- Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 84, 261-271.
- Bower, G. H. (1975). Cognitive psychology: An introduction. In W. K. Estes(Ed.). *Handbook of learning and cognitive process*(Vol. 1) Introduction to concepts and issues. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 25-80.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053.
- Clement, J. (2008). Studnet/teacher co-construction of visualizable models in large group discussion. In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez (eds.), *Model based learning and instruction in science*, 11-22. Springer.
- Clement, J. & Steinerg, M. S. (2002). Step-wise evolution of mental models of electric circuits: a “learning-aloud” case study. *The Journal of The Learning Sciences*, 11(4), 389-452.
- Dai, M. F. & Capie, W. (1990). Misconceptions about the moon by preservice and teachers in Taiwan. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, ED 355-327.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2/3), 105-225.
- Feigenberg, J., Lavrik, L. V. & Shunyakov, V. (2002). Space scale: models in the history of science and students’ mental models. *Science & Education*, 11(4), 377-392.
- Franco, C., de Barros, H. L., Colinvaux, D., Krapas, S., Queiroz, G., & Alves, F. (1999). From scientists’ and inventors’ minds to some scientific and technological products: relationships between theories, models, mental models and conceptions. *International Journal of Science Education*, 21(3), 277-291.
- Franco, C. & Colinvaux, D. (2000). Grasping mental models. In John, G. and Carolyn, B. (eds.), *Developing Models in Science Education*.



- Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (1983). *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gilbert, S. W. & Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*. Virginia: NSTA press.
- Graham, S. & Weiner, B. (1996). Theories and principles of motivation. In D. C. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology*(pp. 63-84). New York: Macmillan.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2001). Mental, Physical and Mathematical Models in the Teaching and Learning of physics. *Science Education*, 86, 106 - 121.
- Gobert, J. D. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 444-455.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Herman, R. & Lewis, B. (2003). Moon misconceptions. *The Science Teacher*, 70(8), 51-55.
- Hidi, S. (1990). Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, 60(4), 549-571.
- Hidi, S. & Harackiewicz, K. M. (2000). Motivation the academically unmotivated: A critical issue for the 21<sup>st</sup> century. *Review of Educational Research*, 70(2), 151-179.
- Hoban, C.F. (1937). Why visual aids in teaching. In *Visualizing the curriculum* (pp. 3-26). New York: The Cordon Company.
- Johnson, D. R. (2006) Earth system science: A model for teaching science as state, process and understanding? *Journal of Geoscience Education*, 54( ), 202-207.
- Johnson, J. K. & Reynolds, S. J. (2005). Concept sketches-Using student- and instructor-generated, annotated sketches for learning, teaching,

- and assessment in geology courses. *Journal of Geoscience Education*, 53(1), 85-95.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Khan, S. (2008). Co-construction and Model Evolution in Chemistry. In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez (eds.), *Model based learning and instruction in science*, 59-78. Springer.
- Kosslyn, S. M. & Thompson, W. L. (2003). When is early visual cortex activated during visual mental imagery? *Psychological Bulletin*, 129(5), 723-746.
- Krapp, A., Hidi, S. & Renninger, K. A. (1992). Interest, learning, and development. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 3-25). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lee, G., Shin, J., Park, J., Song, S., Kim, Y., & Bao, L. (2005). An integrates theoretical structure of mental models: Toward understanding how students form their ideas about science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(6), 698-709.
- Libarkin, J. C. (2006). College student conceptions of geological phenomena and their importance in classroom instruction. *Planet*, 17, 6-9.
- Libarkin, J. C., Anderson, S. W., Dahl, J., Belifuss M. & Boone W. (2005). Qualitative Analysis of College Students' Ideas about the Earth: Interviews and Open-Ended Questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, 53(1), 17-26.
- Linnenbrink, E. A. & Pintrich, P. A. (2002). Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review*, 31(3), 313-327.
- Luca, P., Rigas, P. & Valanides, N. (2002). Primary student teachers' conceptions of science teaching. In A. Papastyliaou (Ed.) *Proceedings of the 2nd International Conference on Science*

- Education (pp. 242-248). Nicosia, Cyprus: ARLO Ltd.
- Mayer, R. E. (2001). Cognitive constraints in multimedia learning: When presenting more material results in less learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 187-198.
- Mayer, R. E. (2003). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52.
- Mayer, V. J. (1991). A framework for earth systems education. *Science Activities*, 28, 8-9.
- Mayer, V. J. (1993). Earth systems Science. *The Science Teacher*, 58(1), 34-39.
- McLeod, J. & Kilpatrick, K. (2001). Exploring science at the museum. *Educational Leadership*, April, 59-63.
- Minstrell, (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In Duit, R., Goldberg, F., and Niedderer H. (eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Institute for Science Education at the university of Kiel, Germany, 110-128.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85, 424-436.
- Nunez-Oviedo, M. C. (2003). Teacher-student co-construction processes in biology: Strategies for developing mental models in large group discussions. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Massachusetts, Amherst, MA.
- Nunez-Oviedo, M. C., Clement, J. & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Developing complex mental models in biology through model evolution. In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez (eds.), *Model based learning and instruction in science*, 173-193. Springer.
- Orneck, F. (2008). Models in science education: Applications of models in learning and teaching science. *International Journal of Environmental*

- & Science Education, 3(2), 35-45.
- Pintrich, P. R., Smith D. A. F., Garcia T. & McKeachie W. J. (1993). Reliability and predictive validity of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ), *Educational and Psychological Measurement*, 53, 801-803.
- Rea-Ramirez, M. A. (1998). Model of conceptual understanding in human respiration and strategies for instruction. Doctoral Dissertation. University of Massachusetts.
- Rea-Ramirez, M. A., & Nunez-Oviedo, M. C. (2002). Discrepant questioning as a tool to build complex mental models of respiration. Paper presented at AETS, Charlotte, NC.
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J. & Nunez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In J. J. Clement and M. A. Rea-Ramirez (eds.), *Model based learning and instruction in science*, 23-43. Springer.
- Rennie, L. J., Feher, E., Dierking, L. D. & Falk, J. H. (2003). Toward an agenda for advancing research on science learning in out-of-school settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 112-120.
- Riding, R. J., & Watts, M. (1997). The effect of cognitive style on the preferred format of instructional material. *Educational Psychology*, 17, 179 - 183.
- Samarapungavan, A., Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1996). Mental models of the earth, sun and moon: Indian children's cosmologies. *Cognitive Development*, 11(4), 491-521.
- Shepardson, D. P. (2005). Student ideas: What is a environment? The journal of environmental education. 36(4), 49-58.
- Steinberg, M. & Clement, J. (1997). Constructive model evolution in the study of electric circuits. *Proceedings of the International Conference 'From Misconceptions to Constructed Understanding'*, Cornell University.
- Steinberg, M. & Clement, J. (2001). Evolving mental models of electric

- circuits. In Behrendt, H. et al. (Eds), *Research in science education-past, present, and Future*, 235-240. Dordrecht: Kluwer.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81, 457-466.
- Tennyson, R. D. & Nielsen, M. (1998). Complexity theory: Inclusion of the affective domain in an Interactive learning model for instructional design. *Educational Technology*. November-December, 7-12.
- Tomas, J. A., Pedersen, J. E. & Finson, K. (2001). Validating the Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist (DASTT-C): Exploring mental models and teacher beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 295-310.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K. & Christopher, J. E. (2007). A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 303-326.
- Vosniadou, S. (1994). Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth. In S. A. Gelman & L. A. Hirschfeld (Eds.), *Mapping the mind*, 412-430. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585.
- Weiner, B. (1986). *An attributional theory of motivation and emotion*. New York: Springer-Verlag.

## 부 록

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <부록 1> 지원자 동의서 및 인적사항 기재..... | 274 |
| <부록 2> 지구 그리기 활동지 .....       | 275 |
| <부록 3> DASTT-C 검사지 .....      | 276 |
| <부록 4> 달 초기 모형 탐색지 .....      | 277 |

<부록 1 - 지원자 동의서 및 인적사항 기재>

## Volunteer 지원서

No. \_\_\_\_\_

- 강의에 도움을 주기위해 지원해 주어 감사합니다.
- volunteer로부터 얻은 정보는 강의의 진행과 과학교육의 발전을 위한 연구의 목적으로만 사용하겠으며, 일체의 개인정보의 누출이 없도록 보안을 철저히 할 것을 약속드립니다. 또한 연구의 목적으로 사용할 시에도 본인의 이름이 아닌 익명이나 코드명으로 전환하여 익명성을 보장해 드릴 것을 약속드리며, 연구 윤리를 준수하겠습니다.
- 학점이나 과제점수에 직접적인 영향은 없습니다. 다만, 활동을 통하여 본 강좌를 더욱 성실히 이수하게 될 것이라고 장담합니다.

00 교육대학교 과학과 외래교수 오현석

학과: \_\_\_\_\_ 학번: \_\_\_\_\_ 이름: \_\_\_\_\_ (사인)

1. 연락 가능한 연락처를 적어주세요. ☎.

2. 전자 우편을 적어주세요. E-mail:

3. 다음의 기초 개인 신상을 완성해 주세요.

- ㄱ. 성별: (남, 녀)                      ㄴ. 출생년도: 19 \_\_\_\_\_
- ㄷ. 출생지:                      (도/특별시/광역시)                      (시/군/구)
- ㄹ. 초등학교명(소재지 포함)
- ㅁ. 중학교명(소재지 포함)
- ㅂ. 고등학교명(소재지 포함)

4. 본인의 수요일 시간표를 적어주세요.

| 1교시 | 2교시 | 3교시 | 4교시 | 5교시 | 6교시 | 7교시 | 8교시 | 9교시 | 10교시 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |

5. 다음 중 본인이 소지하고 있는 음성녹음이 가능한 장비는?

- ① 보이스레코더      ② MP3 플레이어      ③ 기타 (      )      ④ 없다.

## <부록 2 - 지구 그리기 활동지>

### 지구(The Earth) 그리기 활동

학과: \_\_\_\_\_ 학번: \_\_\_\_\_ 이름: \_\_\_\_\_

1. 지구(Earth)하면 떠오르는 자신만의 이미지를 그림으로 그려보세요.



2. 지구 이미지에 나타난 지구를 구성하는 요소를 단어로 나열해 보세요?



3. 지구 이미지 중 그림으로 표현 못한 부분이나 그림으로 충분히 설명되지 못한 내용을 글로 서술해주세요.



4. 지구 이미지에 영향을 미친 요인을 2개 이상 적고 그 이유를 자세히 서술해주세요.





<부록 3 - DASTT-C 검사지>

## DASTT-C Instrument - 1st

날짜: 2011. 3.                      소요시간 \_\_\_\_\_ 분  
 학과: \_\_\_\_\_                  학번: \_\_\_\_\_                  이름: \_\_\_\_\_

1. 본인이 교사가 되어서 학생들과 과학 수업 하는 모습을 상상해서 그려보세요.

2. 교사는 무엇을 하고 있나요? 학생들은 무엇을 하고 있나요?

|    |  |
|----|--|
| 교사 |  |
| 학생 |  |

3. 그림의 수업 장면이 어떤 과목(물리, 화학, 생물, 지구과학)이며, 어떤 주제에 대한 수업 장면인가요?

4. 위의 과학 수업에 대한 그림을 그리는데 영향을 미친 요인을 2개 이상 적고 그 이유를 자세히 서술해 주세요.

## <부록 4 - 달 초기 모형 탐색지>

### 달의 위상 변화와 달의 일주운동 initial model 탐색지

학과:

학번:

이름:

※이 탐색지는 모형 기반 강의를 위한 여러분들의 초기 개념 모형을 탐색하고자 하오니 성의 있는 답변을 요구합니다. 또한, 개인의 점수나 학점과는 전혀 무관합니다.

1. 자신이 알고 있는 태양과 지구와 달의 크기를 비교하여 지구를 기준으로 태양과 달을 그려보시오. (단, E:지구, S:태양, M:달이고, 태양의 경우 공간이 부족하면 구체의 일부만 그려도 됨)



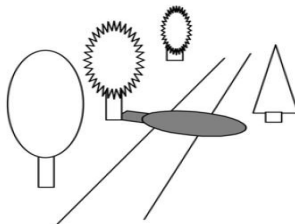
2. 다음에 제시된 지구의 크기를 기준으로 달까지의 거리를 직선으로 그려보시오. (단, 달의 크기는 상관없음)



3. 우리가 달을 볼 수 있는 이유는 무엇인가요?

4. 그림자는 왜 생기나요?

5. 밑의 그림을 햇빛이 비추는 날에 하나의 나무의 그림자를 그렸다. 다른 나무들의 그림자를 그려보시오.



6. 자신이 가지고 있던 기존 개념(지식)에 기반을 두고 달의 모양이 변하는(달의 위상 변화) 이유를 그림을 포함하여 기술해 보시오. (개념그리기로 나타내보시오)

7. 달의 모양이 변하는(위상 변화) 원인에 대한 자신의 생각을 다음 중에서 가장 잘 기술한 것은?

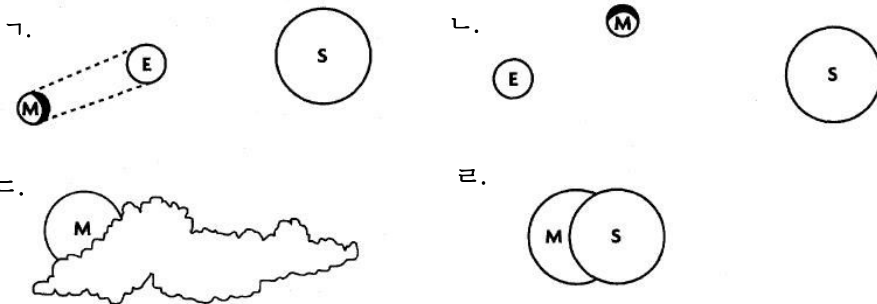
- ㄱ. 구름이 달을 부분적으로 가린다.
- ㄴ. 행성들이 달 위에 그림자를 드리운다.
- ㄷ. 지구의 그림자가 달 위에 드리워진다.
- ㄹ. 달에 비추어진 빛 중 볼 수 있는 부분이 변한다.
- ㅁ. 해당하는 기술 내용이 없음

8. 달의 위상 변화가 한차례 끝나는 주기(즉, 보름달에서 보름달이 되는 데 걸리는 시간)는?

- ㄱ. 25일                      ㄴ. 28일                      ㄷ. 30일                      ㄹ. 한 달(30~31일)

9. 우리나라에서 보름달을 볼 수 있다면, 같은 날 다른 나라에서도 보름달로 보이는가?

10. 다음 그림 중, 자신이 앞서 설명한 달의 위상 변화를 가장 잘 설명하는 그림은 무엇인가?



- ㅁ. 해당하는 그림 없음

11. 태양이 뜨고 지는 방향과 달이 뜨고 지는 방향이 같은가요? 아니면, 다른가요?

12. 매일 달이 뜨는 시간이 같은 가요? 아니면 다른가요?

13. 매일 달이 지는 시간이 같은 가요? 아니면 다른가요? 다르다면, 어떻게 다른가요?

# Abstract

## A Case Study for Mental Model Change of Elementary Pre-service Teachers Through Integrated Model Based Instruction

Hyun-Seok, Oh

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

When elementary pre-service teachers teach earth science content, they have a lot of fear about teaching the phase changes of the Moon. According to the results of previous studies, there is lack of subject knowledge and learning opportunities about earth science in teachers' colleges. Elementary pre-service teachers' low-motivation (in affective aspects) to study earth science and environmental aspects of their initial models should also be considered. The cognitive aspects as well as affective and environmental aspects integrated in mental models are referred to integrated mental models. Pre-service teachers' mental models prior to learning are called initial models. Their mental models after class are called the formed models. Also, instructional strategies based on the initial models are called model-based instruction. Through this class, the mental models hope to be reached by pre-service teachers are referred to as target models.

The purposes of this study are exploring the integrated initial models of pre-service teachers, developing integrated model-based instructional

strategies based on the results of analysis of the initial model for a teachers' college. After the instruction, pre-service teachers' mental model changes were investigated by exploring their formed models. To achieve the research goals, we investigated integrated mental models of six volunteers who thought earth science was difficult, and attended Earth science classes to be optimized for integrated model-based strategies for them.

Six pre-service teachers were the liberal arts sophomore female students. To gather variety of the data corresponding to purposes of this study, we conducted questionnaire, probe sheet (model, earth-drawing, DASTT-C), products of the classes (assignments, final exam), materials of lectures and in-depth interviews, from March to July 2011. Qualitative analysis of these data were carried out after transcription. The analysis and interpretation of data were verified by expert in science education and participants, and inter-verification of data. The results of the study are as follows:

Firstly, What are the characteristics of the initial models? In environmental aspects, the pre-service teachers regarded earth science difficult and irre recognizable due to traditional textbook-oriented instruction, school transfer, non-major teacher and so on. In affective aspects, their low interest, low self-efficacy and attributions for failure led to low-motivation in initial models. In cognitive aspects, they have three mis-conceptions; inaccuracy scale, shadow cast model or a light source model for the phase of moon, and geocentrism for diurnal motion of the moon. The scale model and the shadow cast model might be influenced by the functional concrete models in the textbooks.

Secondly, How do you configure optimal model based instructional

strategies? Integrated models provide guides for model-based instructional strategies through the analysis of initial model. In environmental aspects, unlike our traditional class teaching, resources for visualization were frequently used. Assignments were developed for pre-service teachers to experience the culture of science. In affective aspects, catch and hold factors were included to induce situational interest. In addition, the interests of the participants in Earth Science were considered when developing the strategies. In cognitive aspects, discrepant questions or events were used to recognize dissonances or dissatisfactions with participants' initial models. So, by considering affective and environmental aspects with cognitive aspects, we completed integrated model-based instructional strategies using dis-confirmation, modification, confirmation and accretion mode.

Thirdly, How did the change in formed models? In environmental aspects, a participant, Oh, was mainly influenced by culture. The remaining participants were mainly influenced by the instruction. In affective aspects, Oh's interest was increased. Through understanding the learning content, Lee, Kang and Han's self-efficacy were increased. Shin's perception in Earth Science were changed by the effect of the teacher(professor). These changes have led to the rise in overall motivation. On the other hand, Jeon's self-efficacy was increased by instruction but still had wrong recognition about earth science. In cognitive aspects, we confirmed the models of all participants evolved to target model. Their model representations were found to have their own creative ways. Besides, an unexpected error was found in the functional concrete model when representing Earth's rotation axis.

From the results of the study the following conclusions can be

reached. In environmental aspects, pre-service teachers' changes in the models are influenced by model-based instruction. The changes in the affective aspects, especially in the Earth sciences recognition showed changes positively. Self-efficacy and interests also showed substantial increase. The discrepant relation was crucial cognitive factor affecting their model evolutions. As a result, all participants' formed models reached target models in cognitive aspects. The changes in the model were investigated by comparison between the initial model and the formed models. By developing optimized integrated model-based instruction strategies which can be applied to classroom scale learning, this study can suggest that an integrated mental model research is important for teacher education. Also, this study is significant in that it suggest a standard earth science curriculum or instruction based on integrated mental models for pre-service teachers in teachers colleges. Furthermore, this study reminds us of the importance of recognition about earth science and suggest that the results of the study are considered or reflected in elementary and secondary earth science education in the classroom.

.....

keywords : Integrated Mental Model, Integrated Model Based  
Instruction, earth science, elementary pre-service  
teacher, educational university, qualitative analysis.

*Student Number* : 2007-30417

## 감사의 글

1994 , 94  
20 . 3 4  
17  
. 2011 1  
가 3 2014 1  
. ,  
. ,  
20  
가 .  
, ,  
. 94 1  
. ,  
가  
. ,  
가  
. ,  
.



APHEESE

가

가

가

1996 2

가

가

가

2014 1